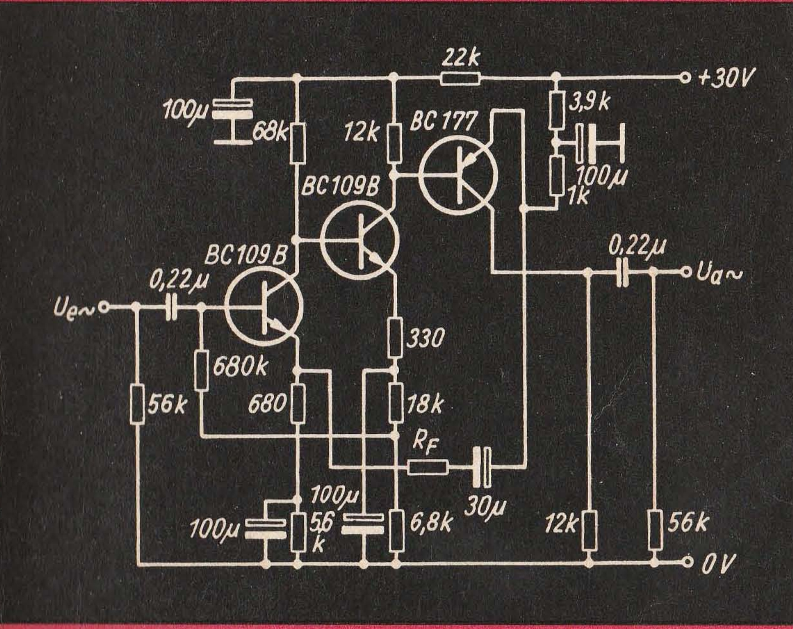
amateurreihe

electronica



Klaus K. Streng

Halbleiterschaltungen aus der Literatur Teil 3

electronica · Band 122

Halbleiterschaltungen aus der Literatur · Teil 3

KLAUS K. STRENG

Halbleiterschaltungen aus der Literatur Teil 3



MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Mit dieser Broschüre wird der Titel *Halbleiterschaltungen aus der Literatur* zum zweitenmal fortgesetzt. In ihm werden fast ausschließlich Schaltungen aus der 1970/71 erschienenen Literatur wiedergegeben, um dem Leser die internationale Technik weiter vorzustellen.
Die Halbleitertechnik bietet viel Neues, was der Amateur nachbauen, mit dem er experimentieren und Erfahrungen sammeln kann. Natürlich darf man sich nicht damit begnügen, eine der auf den folgenden Seiten gezeigten Schaltungen „abzukupfern"! Man muß die Schaltung auch verstehen, wenn man aus ihr lernen will. Die Erklärungen zu den einzelnen Schaltungen sind knapp gehalten. Wer sich gründlich „in die Schaltung hineindenkt", wird sie sicher verstehen!
Auch in dieser Broschüre wurden im Inhaltsverzeichnis einfache, für den Anfänger besonders geeignete Objekte, mit einem * gekennzeichnet.
Und nun viel Freude an diesem Bändchen.

Berlin, Sommer 1973 *Klaus K. Streng*

1. Allgemeines zum Nachbau ausländischer Schaltungen

1.1. Welcher Transistor ersetzt welchen Transistor?

Die in der Überschrift gestellte Frage ist nicht so naiv, wie mancher Leser glaubt. Um einen Transistor durch einen anderen zu ersetzen, muß man sich fragen, welche Daten in der betreffenden Schaltung von ihm gefordert werden. Es sind also nicht die Kenndaten des Originaltransistors entscheidend, nicht was er leisten *kann*, sondern was er leisten *muß*. Ein Beispiel: Ein Transistor *KC 149* (Tesla) ist als RC-gekoppelter NF-Verstärker ($R_a = 4{,}7\ k\Omega$) eingesetzt, die Batteriespannung beträgt 9V. Welche Daten müßte ein Austauschtransistor mindestens haben? Anfänger könnten von den Daten des Transistors *KC 149* ausgehen. Diese lauten:

$U_{CE\,max} = +20\ V$; $I_C = +\ 100\ mA$; $P_{C\,max} = 200\ mW$ bei t_{amb}*) = 45 °C; $f_T = 150\ MHz$, $F = 4\ dB$.
(Natürlich sind dies nur die wichtigsten Daten.)

Was wird jedoch wirklich von dem Transistor *KC 149* in der angegebenen Schaltung verlangt? Sein Kollektorstrom kann allerdings nicht größer sein als $\frac{U_b}{R_a}$, also $\frac{9\ V}{4700\ \Omega} = 1{,}91 \cdot 10^{-3}\ A$

$= 1{,}91\ mA$.

Die 100 mA, die durch den Kollektor des *KC 149* maximal fließen dürfen, sind also nicht ausgenutzt.

Ebenso verhält es sich mit der maximalen Emitter-Kollektor-Spannung U_{CE}. Sie kann höchstens +9 V betragen. Auch die hohe Grenzfrequenz f_T wird im NF-Verstärker nicht benötigt. Gewiß, eine weit über der höchsten zu übertragenden Frequenz liegende Grenzfrequenz ist erwünscht (geringes Rauschen, geringe Phasendrehung), aber es ist im Prinzip völlig gleichgültig, ob z. B. f_T des Austauschtransistors 50, 100 oder 150

*) t_{amb} = Umgebungstemperatur

MHz beträgt! Auch der geringe Rauschfaktor von $F = 4$ dB wird nur in rauscharmen Vorstufen wirklich gebraucht.
Was bleibt übrig von den unbedingt benötigten Daten des Austauschtransistors? $U_{CE\,max} = +9$ V, $I_{C\,max} = +1{,}91$ mA, $P_{c\,max} = 9 \cdot 1{,}91 \cdot 10^{-2} = 1{,}72 \cdot 10^{-2}$ W $= 17{,}2$ mW, f_T möglichst groß, F beliebig.
Man sieht, wie wenig imposant das Ergebnis ist. Es wäre nun aber falsch, einen Transistor, der die aufgezählten Daten aufweist, in allen Fällen als möglichen Ersatz für den *KC 149* anzusehen! In anderen Schaltungen wird wahrscheinlich etwas anderes gefordert, z. B. eine größere Emitter-Kollektor-Spannung. Natürlich kann man nicht immer *alle* wichtigen Faktoren übersehen, auf die es ankommt. Aber an Hand der wichtigsten Daten muß der Elektronikamateur entscheiden lernen, ob ein eventueller Austausch mit einem ihm bekannten anderen Transistor erfolgversprechend ist.
Das andere „Extrem“ ist ein Elektronikamateur, der sich über theoretische Fragen verachtungsvoll hinwegblickend, nur auf sein Gefühl verläßt! Ohne ein Minimum an Theorie geht es in der Halbleitertechnik nicht!
In sehr vielen Fällen bietet das umfangreiche Sortiment unserer Halbleiterbauelemente die Möglichkeit eines „sicheren Austausches“. Es gibt allerdings einige Ausnahmen:
npn-Germanium-Transistoren werden von unserer Industrie nicht hergestellt. Dies im Gegensatz z. B. zu Tesla bzw. der sowjetischen Halbleiterindustrie. Jedoch lassen sich mit den in der DDR gefertigten npn-Siliziumtransistoren fast immer die gleichen Wirkungen erzielen. Das einzige, was sich bei diesem Austausch eventuell negativ auswirken könnte, ist die größere Kniespannung der Si-Transistoren gegenüber Ge-Transistoren. Doch das ist eine Ausnahme.
Nicht ganz so günstig verhält es sich, wenn ein pnp-Siliziumtransistor gefordert wird! Ein Austausch gegen einen Germanium-Typ ist nur dann möglich, wenn der größere Kollektorreststrom nicht stört und die betreffende Schaltung nicht bei Temperaturen oberhalb etwa +60 °C betrieben wird. Hierzu siehe auch Abschnitt 1.3.
Schaltungen mit Unijunktionstransistoren (UJT), Diac's

(Zweiwegschaltdioden) oder Triac's (Zweiwegthyristoren) können zur Zeit nicht mit unseren Bauelementen bestückt werden.

1.2. Leistungstransistoren

Auch Leistungstransistoren stellt unsere Industrie nur zum geringen Teil her (NF, $P_{C\ max}$ etwa $\leqq$ 5 W). Den Bedarf an „dicken" Leistungstransistoren oder HF-Leistungstransistoren decken wir durch Importe.
In vielen Einzelhandelsgeschäften werden Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten angeboten — nur leider sind nicht immer die technischen Daten der betreffenden Halbleiterbauelemente angegeben!
Aus diesem Grunde sind in Tabelle 1.1 die wichtigsten technischen Daten und in Bild 1.1 die Anschlüsse (Sockelschaltung) der Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten zusammengestellt. Sie enthält alle HF-Leistungstransistoren sowie NF-Transistoren mit $P_C \geqq 4$ W, soweit Unterlagen dafür vorlagen ([1] bis [11], [14]).

1.3. Silizium-pnp-Transistoren

Wie bereits in Abschnitt 1.1. ausgeführt, stellt unsere Industrie z. Z. (Ende 1973) keine Silizium-pnp-Transistoren her. Das war nicht immer so, langjährige Elektronikamateure erinnern sich vielleicht noch, daß die ersten Siliziumtransistoren aus dem Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) pnp-Typen waren! Doch ihre Daten entsprechen nicht mehr den heute gestellten Ansprüchen.
Der Elektronikamateur muß also, wenn er einen pnp-Siliziumtransistor benötigt, auf Importtransistoren zurückgreifen. Tabelle 1.2 gibt einen Überblick über die derzeit bekannten Si-pnp-Typen sozialistischer Staaten ohne Rücksicht auf die Marktlage und die Beschaffungsmöglichkeiten. Bild 1.2 zeigt ihre Sockelschaltungen ([1] [7] [9] [10] [11] [12] [13]).

Tabelle 1.1 Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
AD 149	Tung	—50	—3,5	—20		500	27,5		Ge
AD 150	Tung	—32	—3,5	—10		450	27,5		Ge
AD 161	Tung	+32	+2,5	+10		3 M	4***		Ge
AD 162	Tung	—32	—2,5	—10		1,5 M	6		Ge
AD 162 U	Tung	—80	—1	—10		1,5 M	6		Ge
AD 1202	Tung	—45	—3	—10		200*	10		Ge
AD 1203	Tung	—60	—3	—10		200*	10		Ge
AL 100	Tung	—130	—10	—2		4 M	27,5		Ge
AL 102	Tung	—130	—6	—2		4 M	27,5		Ge
AL 103	Tung	—100	—6	—1,5		3 M	27,5		Ge
ASZ 15	Tung	—100	—10	—40		200	22,5		Ge
ASZ 16	Tung	—60	—10	—20		250	22,5		Ge
ASZ 17	Tung	—60	—10	—20		220	22,5		Ge
ASZ 18	Tung	—100	—10	—40		220	22,5		Ge
ASZ 1015	Tung	—80	—6	—40		250*	22,5		Ge
ASZ 1016	Tung	—60	—6	—20		250*	22,5		Ge
ASZ 1017	Tung	—60	—6	—20		250*	22,5		Ge
ASZ 1018	Tung	—6	—6	—40		250*	22,5*		Ge
AU 106	Tung	—320	—10	—2		2 M	22,5		Ge
AU 107	Tung	—200	—10	—2		2 M	22,5		Ge
AU 108	Tung	—100	—10	—2		2 M	22,5		Ge
GD 160	RFT	—20	—3	—10	—0,6	250	5,3	7,5	Ge

Tabelle 1.1 (Fortsetzung) Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
GD 170	RFT	— 33	— 3	— 10	— 0,6	250	5,3	7,5	Ge
GD 175	RFT	— 50	— 3	— 10	— 0,6	250	5,3	7,5	Ge
GD 180	RFT	— 66	— 3	— 10	— 0,6	250	5,3	7,5	Ge
GD 240	RFT	— 30	— 3		— 0,6	350	10	4	Ge
GD 241	RFT	— 40	— 3	— 20	— 0,6	350	10	4	Ge
GD 242	RFT	— 50	— 3	— 20	— 0,6	350	10	4	Ge
GD 243	RFT	— 65	— 3	— 20	— 0,6	300	10	4	Ge
GD 244	RFT	— 75	— 3	— 20	— 0,6	300	10	4	Ge
GD 607	Tesla	+ 32	+ 1	+ 10	+ 0,1	1 M	4***	7,5	Ge
GD 608	Tesla	+ 25	+ 1	+ 10	+ 0,1	1 M	4***	7,5	Ge
GD 609	Tesla	+ 20	+ 1	+ 10	+ 0,1	1 M	4***	7,5	Ge
GD 617	Tesla	— 32	— 1	— 10	— 0,1	1 M	4***	7,5	Ge
GD 618	Tesla	— 25	— 1	— 10	— 0,1	1 M	4***	7,5	Ge
GD 619	Tesla	— 25	— 1	— 10	— 0,1	600	4***	7,5	Ge
ГТ 701 А	UdSSR	— 100	— 12	— 15		50*	50	1,2	Ge
ГТ 703 А	UdSSR	— 30	— 3,5			7*	15	3	Ge
ГТ 703 Б	UdSSR	— 30	— 3,5			7*	15	3	Ge
ГТ 804 А	UdSSR	+ 45	+ 2			10 M	15	3	Ge
ГТ 804 Б	UdSSR	+ 55	+ 2			10 M*	15	3	Ge
ГТ 804 В	UdSSR	+ 75	+ 2			10 M*	15	3	Ge
ГТ 806 А	UdSSR	— 75	— 20	— 1,5	— 3		30	2	Ge
ГТ 806 Б	UdSSR	— 100	— 20	— 1,5	— 3		30	2	Ge

Tabelle 1.1 (Fortsetzung) Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
ГТ 806 В	UdSSR	— 120	— 20	— 1,5	— 3		30	2	Ge
KD 601	Tesla	+ 40	+ 10	+ 5	+ 1	10 M	35		Si
KD 602	Tesla	+ 110**	+ 8	+ 5	+ 1	500	35	4,5	Si
KT 801 A	UdSSR	+ 80**	+ 2	+ 2,5	+ 0,4		5	20	Si
KT 801 Б	UdSSR	+ 60	+ 2	+ 2,5	+ 0,4	10 M	5	20	Si
KT 802 A	UdSSR	+ 150	+ 5	+ 3	+ 1	10 M	50	2,5	Si
KT 803.A	UdSSR	+ 80	+ 10	+ 4			60***		Si
KT 805 A	UdSSR	+ 160	+ 5	+ 5	+ 2	20 M	30***	3,3	Si
KT 805 Б	UdSSR	+ 135	+ 5	+ 5	+ 2	20 M	30***	3,3	Si
KT 807 A	UdSSR	+ 100	+ 0,5			5 M	10***		Si
KT 902 A	UdSSR	+ 65	+ 5	+ 5	+ 2		30***	3,3	Si
KT 903 A	UdSSR	+ 60	+ 3	+ 4			30	3,3	Si
KT 903	UdSSR	+ 60	+ 3	+ 4			30	3,3	Si
KT 904 A	UdSSR	+ 60	+ 0,8	+ 4	+ 0,2	350 M	5	16	Si
KT 904 Б	UdSSR	+ 60	+ 0,8	+ 4	+ 0,2	300 M	5	16	Si
KT 907 A	UdSSR	+ 65**	+ 1	+ 4	+ 0,4	400 M	16		Si
KU 601	Tesla	+ 60**	+ 2	+ 3	+ 0,5	10 M	10***	5	Si
KU 602	Tesla	+ 120**	+ 2	+ 3	+ 0,5	10 M	10***	5	Si
KU 605	Tesla	+ 200**	+ 10	+ 6	+ 2	1 M	50***	1,5	Si
KU 606	Tesla	+ 120**	+ 8	+ 6	+ 1,5	1 M	50***	1,5	Si
KU 607	Tesla	+ 210**	+ 10	+ 5	+ 2	3 M	70	1,5	Si

Tabelle 1.1 (Fortsetzung) Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
KU 608	Tesla	+ 250**	+ 10	+ 5		3 M	70		Si
KU 611	Tesla	+ 60**	+ 3	+ 3		10 M	10		Si
KU 612	Tesla	+ 120**	+ 3	+ 3		10 M	10		Si
KUY 12	Tesla	+ 210	+ 10	+ 5	+ 2	9 M	70		Si
OC 26	Tung	— 40	— 3,5	— 10		200	22,5		Ge
OC 26	Tesla	— 32	— 3,5	— 10		150	12,5	1,2	Ge
OC 27	Tesla	— 32	— 3,5	— 10		150	12,5	1,2	Ge
OC 30	Tesla	— 32	— 1,4	— 10	— 0,25	150		7,5	Ge
П 4 А	UdSSR	— 60	— 5		— 1,2	150*	20	2	Ge
П 4 Б	UdSSR	— 70	— 5		— 1,2	150*	25	2	Ge
П 4 В	UdSSR	— 40	— 5		— 1,2	150*	25	2	Ge
П 4 Ж	UdSSR	— 60	— 5		— 1,2	150*	25	2	Ge
П 4 Г	UdSSR	— 60	— 5		— 1,2	150*	25	2	Ge
П 207	UdSSR	— 40**	— 25				4	5	Ge
П 207 А	UdSSR	— 40**	— 25				4	5	Ge
П 208	UdSSR	— 60**	— 25				4	5	Ge
П 208 А	UdSSR	— 60**	— 25				4	5	Ge
П 210	UdSSR	— 60	— 12				45	1	Ge
П 210 А	UdSSR	— 60	— 12				45	1	Ge
П 210 Б	UdSSR	— 65	— 12	— 25		100*	45	1	Ge
П 210 В	UdSSR	— 45	— 12	— 25		100*	45	1	Ge
П 213	UdSSR	— 30**	— 5			100*	11,5	4,5	Ge

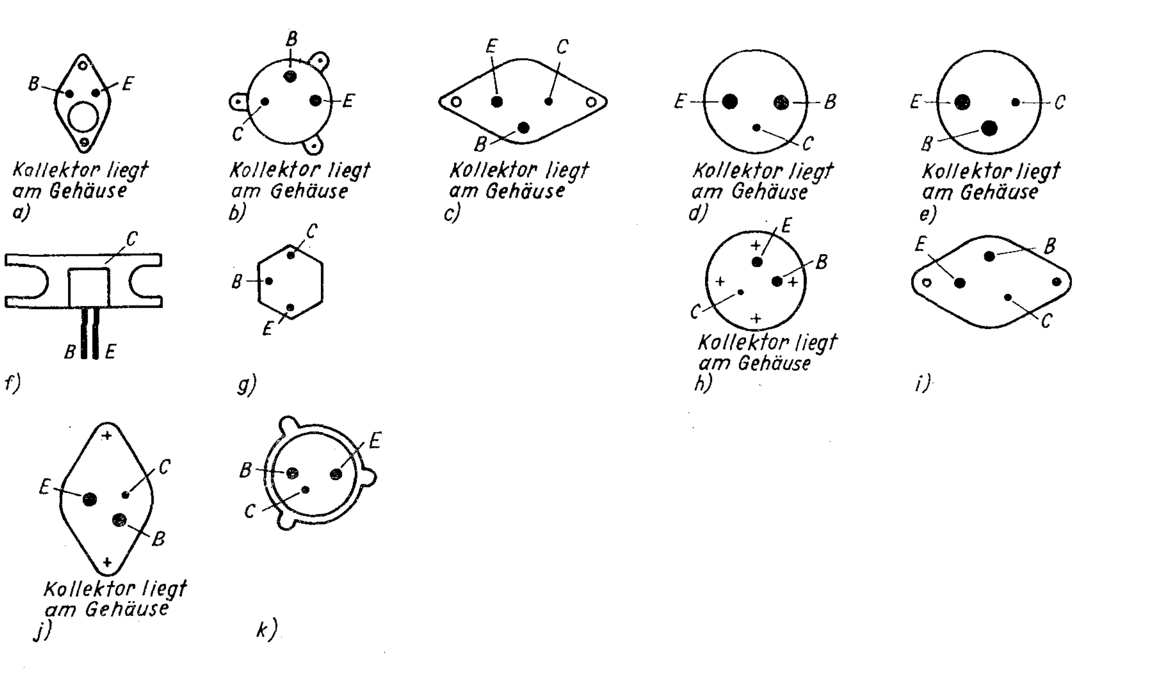
Tabelle 1.1 (Fortsetzung) Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
П 213 А	UdSSR	— 30**	— 5			100*	10	4,5	Ge
П 213 Б	UdSSR	— 30**	— 5			100*	11,5	4,5	Ge
П 214	UdSSR	— 45**	— 5			100*	10	4,5	Ge
П 214 Б	UdSSR	— 45**	— 5			100*	11,5	4,5	Ge
П 214 В	UdSSR	— 55**	— 5			100*	10	4,5	Ge
П 214 Г	UdSSR	— 55**	— 5			100*	10	4,5	Ge
П 215	UdSSR	— 80	— 5	— 15	— 0,5	150*	15	4	Ge
П 216	UdSSR	— 40	— 7,5	— 15	— 0,75	100*	30	2	Ge
П 216 А	UdSSR	— 40	— 7,5	— 15	— 0,75	100*	30	2	Ge
П 216 Б	UdSSR	— 35	— 7,5	— 15	— 0,75	100	24	2	Ge
П 216 В	UdSSR	— 35	— 7,5	— 15	— 0,75	100	24	2	Ge
П 216 Г	UdSSR	— 50	— 7,5	— 15	— 0,75	100	24	2	Ge
П 216 Д	UdSSR	— 50	— 7,5	— 15	— 0,75	100	30	2	Ge
П 217	UdSSR	— 60	— 7,5	— 15	— 0,75	100	30	2	Ge
П 217 А	UdSSR	— 60	— 7,5	— 15	— 0,75	100	30	2	Ge
П 217 Б	UdSSR	— 60	— 7,5	— 15	— 0,75	100	30	2	Ge
П 217 В	UdSSR	— 60	— 7,5	— 15	— 0,75	100	30	2	Ge
П 217 Г	UdSSR	— 60	— 7,5	— 15	— 0,75	100	24	2,5	Ge
П 701	UdSSR	+ 40**	+ 0,5	+ 2		12,5 M	10	10	Si
П 701 А	UdSSR	+ 60**	+ 0,5	+ 2		12,5 M	10	10	Si
П 701 Б	UdSSR	+ 35**	+ 0,5	+ 2		12,5 M	10	10	Si
П 702	UdSSR	+ 30	+ 2	+ 3	+ 0,5	4 M	40	2,5	Si

Tabelle 1.1 (Fortsetzung) Wichtige Leistungstransistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in A	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in A	f_T in kHz	$P_{C\,max}$ in W	R_{thjG} in grd/W	Material
П 702 A	UdSSR	+ 30	+ 2	+ 3	+ 0,5	4 M	40	2,5,	Si
2 NU 72	Tesla	— 24	— 1,5	— 8	— 0,3	100	4	7,5	Ge
3 NU 72	Tesla	— 32	— 1,5	— 10	— 0,3	100	4	7,5	Ge
4 NU 72	Tesla	— 48	— 1,5	— 15	— 0,3	100	4	7,5	Ge
5 NU 72	Tesla	— 60	— 1,5	— 20	— 0,3	100	4	7,5	Ge
2 NU 73	Tesla	— 24	— 3,5	— 8	— 1	150	12,5	1,8	Ge
3 NU 73	Tesla	— 32	— 3,5	— 10	— 1	150	12,5	1,8	Ge
4 NU 73	Tesla	— 48	— 3,5	— 15	— 1	150	12,5	1,8	Ge
5 NU 73	Tesla	— 60	— 3,5	— 20	— 1	150	12,5	1,8	Ge
6 NU 73	Tesla	— 70	— 3,5	— 22	— 1	150	12,5	1,8	Ge
7 NU 73	Tesla	— 80	— 3,5	— 30	— 1	150	12,5	1,8	Ge
2 NU 74	Tesla	— 50	— 15	— 10	— 1,5	150	50	1,2	Ge
3 NU 74	Tesla	— 50	— 15	— 10	— 1,5	150	50	1,2	Ge
4 NU 74	Tesla	— 60	— 15	— 15	— 1,5	150	50	1,2	Ge
5 NU 74	Tesla	— 60	— 15	— 15	— 1,5	150	50	1,2	Ge
6 NU 74	Tesla	— 90	— 15	— 15	— 1,5	150	50	1,2	Ge
7 NU 74	Tesla	— 90	— 15	— 15	— 1,5	150	50	1,2	Ge

*f_{h21b} **$U_{CE\,max}$ ***Gehäusetemperatur t_c = 50 °C



B
E
Kollektor liegt am Gehäuse
a)
B
E
C
Kollektor liegt am Gehäuse
b)
E
C
B
Kollektor liegt am Gehäuse
c)
E
B
C
Kollektor liegt am Gehäuse
d)
E
C
B
Kollektor liegt am Gehäuse
e)
C
B
E
f)
C
B
E
g)
E
B
C
Kollektor liegt am Gehäuse
h)
E
B
C
i)
C
E
B
Kollektor liegt am Gehäuse
j)
E
B
C
k)

Bild 1.1 Sockelschaltungen der Leistungstransistoren:

a) *AD 149, AD 161, AD 162, AD 162 U, AD 1202, AD 1203, AL 100, AL 102, AL 103, ASZ 15 ... ASZ 18, ASZ 1015 ... ASZ 1018, AU 106 ... AU 108, GD 160...GD 180, GD 240...GD 244, GD 607...GD 609, GD 617 ... GD 619, KD 601, KD 602, KU 601 ... KU 612, KUY 12, OC 26 .. OC 30, 2 NU 72 ... 5 NU 72, 2 NU 73 ... 7 NU 73, 2 NU 74 ... 7 NU 74;*
b) Г *T 701 A, Г T 703 A,* Г *T 703* Б*;*
c) Г *T 804, A ...* Г *T 804 B;*
d) *KT 801 A, KT 801;*
e) *KT 802, A KT 805 A, KKT 805* Б, *KT 902 A, KT 902;*
f) *KT 807 A;*
g) *KT 904 A, KT 904* Б, *KT 907 A;*
h) П *4 A ...* П *4* Г*;*
i) П *213 ...* П *217* Г*;*
j) П *701 ...* П *702 A;*
k) П *207 ...* П *210 B*

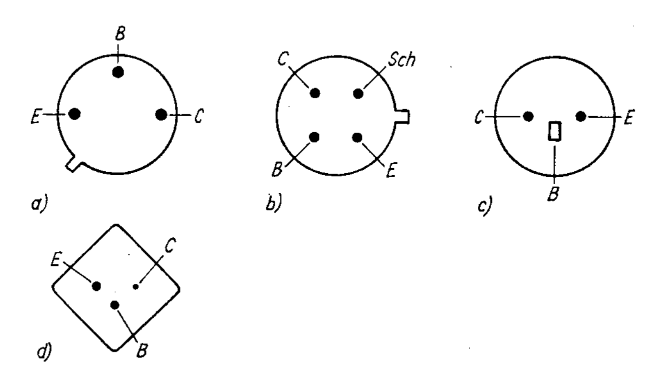


Bild 1.2 Sockelschaltungen der pnp-Silizium-Anfangsstufentransistoren:

a) *KCY 78, KCY 79, KSY 04, KF 517, SC 100 ... SC 109, SS 101, SS 102;*
b) *KF 272;*
c) *M* П *104 ... M* П *106, M*П *114 ... M* П *116;*
d) П *302 ...* П *306 A*

Tabelle 1.2 Silizium-pnp-Transistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in mA	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in mA	f_T in MHz	R_{th} in grd/mW	F in dB
KCY 78	Tesla	— 32**	— 200	— 5	— 20		0,5	6
KCY 79	Tesla	— 45**	— 200	— 5	— 20		0,5	6
KF 272	Tesla	— 40	— 20	— 4		900	1,0	7
KF 517	Tesla	— 40	— 600	— 5	— 100	90	0,22	5
KFY 16	Tesla	— 75	— 600	— 5	— 100	90	0,22	4
KFY 18	Tesla	— 75	— 600	— 5	— 100	100	0,22	3,5
KSY 04	Tesla	— 60	— 600	— 5	— 200	200	0,29	
KSY 81	Tesla	— 12	— 200	— 4	— 50	400	0,48	
MП 104	UdSSR	— 60**	— 50			0,1*	0,4	
MП 105	UdSSR	— 30**	— 50			0,1*	0,4	
MП 106	UdSSR	— 30**				0,1*	0,4	
MП 114	UdSSR	— 60	— 10	— 10		0,1*	0,5	
MП 115	UdSSR	— 30	— 10	— 10		0,1*	0,5	
MП 116	UdSSR	— 15	— 10	— 10		0,5*	0,5	
П 104	UdSSR	— 60**	— 10			0,5*	0,6	
П 105	UdSSR	— 30**	— 10			0,6*	0,6	
П 106	UdSSR	— 15**	— 10			1,0*	0,6	
П 302	UdSSR	— 35**	— 500			0,1*	0,8	
П 303	UdSSR	— 60**	— 500			0,1*	0,8	
П 304	UdSSR	— 80**	— 500			0,05*	1,0	
П 305	UdSSR	— 60**	— 500			0,05*		
П 306 A	UdSSR	— 60**	— 500			0,05*		

Tabelle 1.2 (Fortsetzung) Silizium-pnp-Transistoren aus sozialistischen Staaten

Typ	Hersteller	$U_{CB\,max}$ in V	$I_{C\,max}$ in mA	$U_{EB\,max}$ in V	$I_{B\,max}$ in mA	f_T in MHz	R_{th} in grd/mW	F in dB
SC 100	RFT	—10**	—50	—10		2,3*	0,42	
SC 103	RFT	—10**	—50	—10		4,2*	0,42	
SC 104	RFT	—10**	—50	—10		6,0*	0,42	
SC 106	RFT	—50	—10	—10			0,42	
SC 107	RFT	—25	—50	—10			0,42	
SC 108	RFT	—10	—50	—10			0,42	
SC 109	RFT	— 9	—50	— 9			0,42	
SS 101	RFT	—33**	—50	—33		0,6*	0,42	
SS 102	RFT	—66**	—50	—33		1,0*	0,42	

*f_{h21b} **$U_{CE\,max}$

2. Schaltungen aus der NF-Technik

2.1. NF-Verstärker mit Komplementärendstufe*

Bild 2.1 zeigt den Stromlaufplan eines kleinen NF-Verstärkers mit Komplementärtransistoren in der Endstufe. Das Prinzip dieser Schaltung ist keinesfalls neu. Man findet es u. a. in den Transistor-Rundfunkempfängern *Stern-Automatik* und *Stern-Format*, *Stern-Junior* und *Stern-Sport* (VEB Kombinat *Stern-Radio* Berlin) oder in Geräten aus der UdSSR und der ČSSR. Es ermöglicht den direkten Anschluß des Lautsprechers (also ohne Ausgangsübertrager), weist eine sehr gute Frequenzabhängigkeit und relativ geringe nichtlineare Verzerrungen auf. Aber diese Endstufe benötigt komplementäre Transistoren, also pnp-und npn-Typen. Da in der DDR keine npn-Germaniumtransistoren hergestellt werden, ist man entweder auf Importtypen angewiesen bzw. versucht, diese Schaltung mit einem pnp-Germanium- und einem npn-Siliziumtransistor

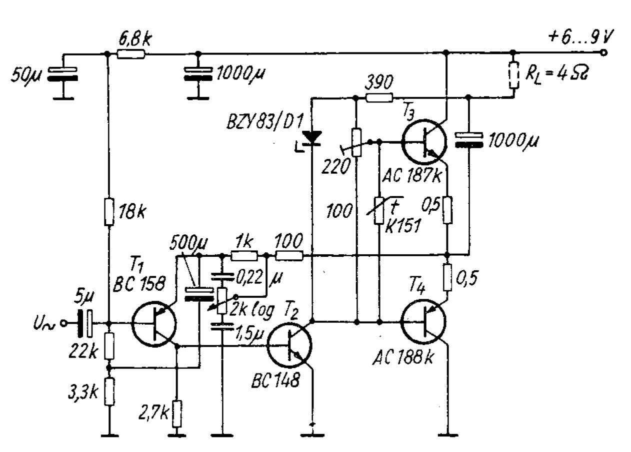


Bild 2.1 NF-Verstärker mit Komplementärendstufe

nachzubauen. Sie ist demzufolge ein Experimentierfeld für den Amateur.
Einige Daten der Originalschaltung bei 6 V bzw. 9 V Batteriespannung [15]:
Stromaufnahme 12 bis 17 mA bei „Leerlauf“ (d. h. ohne Ansteuerung), 200 ... 350 mA bei Vollaussteuerung, maximale Ausgangsleistung 0,8 bzw. 2 W an 4-Ω-Außenwiderstand, Eingangsspannung hierbei 9 bzw. 15 mV.
Einige Vorschläge für die Bestückung mit DDR-Transistoren:
T1 — *GC 116, GC 121, GC 122,* Stromverstärkungsgruppe E;
T2 — *SC 206* oder *SC 207,* Stromverstärkungsgruppe E;
T3 — *GC 525, GC 526, GC 527* (alles Tesla-Transistoren) und
T4 — *GC 116.*
(T3 und T4 müssen möglichst gleiche Stromverstärkung haben.)

2.2. Andere Komplementärendstufe*

Die Endstufe in Bild 2.1 läßt sich vielfach variieren. Eine der interessantesten Abwandlungen der Schaltung zeigt Bild 2.2

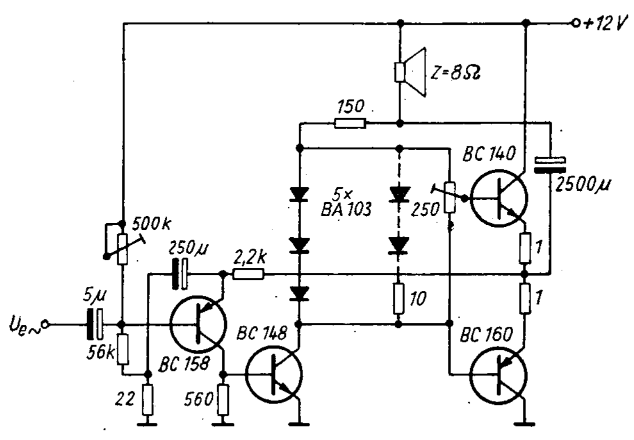


Bild 2.2 Andere Komplementärendstufe

[16]: Die Bestückung der Vorstufe bleibt unverändert, es fehlt jedoch das Klangregelnetzwerk. Die wichtigsten Änderungen findet man in der Endstufe: Sie ist mit Siliziumkomplementärtransistoren bestückt. Dadurch ist der Temperatureinfluß wesentlich geringer als der in der Schaltung nach Bild 2.1. Der Thermistor im Basiskreis der Endstufe fehlt, jedoch nimmt man die Temperaturkompensation mit Halbleiterdioden vor. Gestrichelt gezeichnet ist ein zweiter Dioden-Widerstandszweig, der eventuelle Temperatureinflüsse noch kompensieren soll. Mit zwei Reglern — in den Basiskreisen der Vorstufe und der Endstufe — wird die Schaltung einmal auf richtige Arbeitspunkte eingestellt.
Die Schaltung in Bild 2.2 eignet sich für experimentierfreudige Leser. Sie gibt an den 8-Ω-Schwingspulenwiderstand maximal 1,6 W (bei k = 10 %) bei einer Eingangsspannung von 16 mV ab. Hier die vorgeschlagene Ersatzbestückung: In den Vorstufen wieder *GC 116, GC 121, GC 122* bzw. *SC 206* oder *SC 207* (wie in der Schaltung nach Bild 2.1). In der Endstufe wird die Bestückung schwieriger, da pnp-Siliziumtransistoren zur Zeit von unserer Industrie nicht hergestellt werden. Es wird das Pärchen *KF 507/KF 517* von Tesla (ČSSR) vorgeschlagen. An Stelle der Siliziumdioden *BA 103* kann man den Typ *OA 900* aus der DDR nehmen: Die maximale Sperrspannung der Diode braucht kaum berücksichtigt zu werden, wohl aber ihre Kennlinie bzw. ihre Temperaturabhängigkeit.

2.3. Hochwertiger NF-Verstärker

Welche Leistung man bereits beim Bau hochwertiger NF-Verstärker mit Transistoren erreicht, soll am Beispiel des in Bild 2.3 dargestellten Stromlaufplanes gezeigt werden [17]: Je nach dem Wert des Gegenkopplungswiderstandes R_F verstärkt die Schaltung 100fach ($R_F = 5{,}6\ k\Omega$) bzw. 1000fach ($R_F = 78\ k\Omega$), die Klirrfaktoren bei 5 V Ausgangsspannung betragen 0,02 bzw. 0,04 %! Die 3-dB-Grenzfrequenzen sind 17 Hz bzw. 200 kHz. Für die Bestückung mit DDR-Transistoren wird empfohlen:

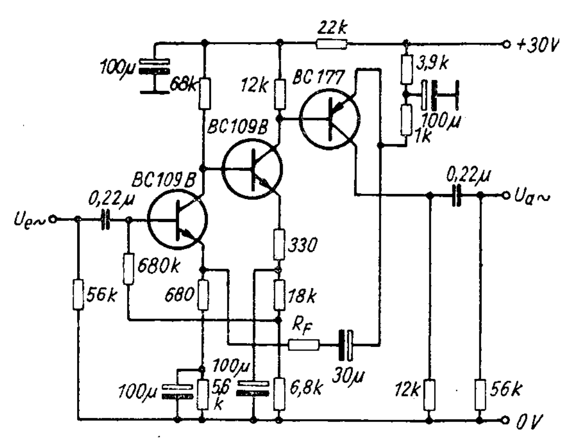


Bild 2.3 Hochwertiger NF-Verstärker

SC 206 bzw. *SC 207* für *BC 109 B*, *GC 116 ... GC 121* für *BC 177*.

Der gesamte Verstärker läßt sich sehr kompakt aufbauen und entspricht in seiner Qualität einem röhrenbestückten Studioverstärker! Für HiFi-Amateure ist er besonders zu empfehlen.

2.4. Mithörverstärker für Telefonapparate*

Kleine Lautsprecherverstärker bzw. Mithör-Kopfhörerverstärker am Telefon haben viele Vorteile: bessere Verständigung, Gesprächszeugen bei Abmachungen usw. Daneben gibt es jedoch auch einige schwerwiegende Nachteile der Mithörverstärker:

— Ein Eingriff in Apparate, Leitungen und andere Einrichtungen der Deutschen Post ist strafbar und muß deshalb unterbleiben.

— Bei zu großer Verstärkung besteht die Gefahr einer akustischen Rückkopplung (Pfeifen, Heulen), die eine Verständigung erschwert oder unmöglich macht.

Während der Rückkopplung durch kleinere Verstärkung einfach begegnet werden kann, benötigt man eine Ankopplung des Verstärkers ohne Eingriff in das Telefonnetz, um die gesetzlichen Vorschriften einzuhalten. Meist geschieht dies mit einer Koppelspule, die vom Streufluß des Übertragers im Fernsprechapparat durchflossen ist. Diese Koppelspule kann man mit Saugnäpfen am Boden des Telefonapparates befestigen. Bild 2.4 zeigt den Stromlaufplan eines Telefon-Mithörverstärkers [18].

Folgende Bestückung mit DDR-Transistoren wird vorgeschlagen: *SC 206* für *BFY 22, SC 207* für *BFY 23.* (Mit dieser Bestückung ist der kleine Verstärker überdimensioniert!) Die Stromversorgung kann aus einer Knopfzelle erfolgen. Eine Temperaturstabilisierung ist überflüssig.

Die Koppelspule kann aus einem offenen U-Kern (ohne Steg) bestehen (empfohlen werden z. B. die Abmessungen 5 mm × 5 mm Schenkelquerschnitt bei 15 mm Schenkellänge), die Windungszahl beträgt etwa 2000 Wdg. aus 0,08-mm-CuL. Der Ohrhörer muß selbstverständlich vom magnetischen Typ sein.

2.5. Einfacher Wechselspannungsbegrenzer (Clipper)*

Durch Begrenzung einer Wechselspannung werden deren Spitzenwerte „abgeschnitten", also auf ein bestimmtes Niveau begrenzt. Man findet derartige Begrenzer z. B. vor FM-Demo-

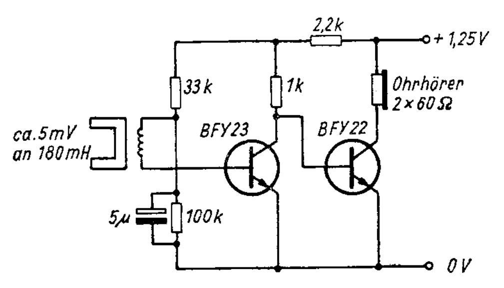


Bild 2.4 Telefon-Mithörverstärker

dulatoren, als Übersteuerungsschutz in Kraftverstärkeranlagen. Man entwickelte mehr oder weniger komplizierte Standardschaltungen für Begrenzerstufen. Dabei wurde der „alte", primitiv anmutende Diodenbegrenzer fast vergessen. An ihn erinnert die ungarische Amateurzeitschrift *Radiotechnika* [19] mit der in Bild 2.5 gezeigten Schaltung. Auf Grund der Schwellenspannung der Siliziumdioden wird die an U_e angelegte Wechselspannung auf etwa 0,5 V (Spitzenwert) begrenzt. Spitzen bis etwa 10 V bewirken nur eine geringe Zunahme von U_a.
An Stelle der *BAY 45* kann unsere *SAY 12* verwendet werden. Der Typ ist nicht kritisch, doch müssen wegen der Symmetrie der Ausgangsspannung beide Dioden vom gleichen Typ sein. Achtung! Die im selben Gehäuse untergebrachten Doppeldioden *SAY 50, SAY 52, SAY 60, SAY 62* sind für diese Schaltung *nicht* geeignet, da die Diodenkatoden miteinander verbunden sind. Ähnliches gilt auch für die Mehrfachdioden *SAM 42 ... 45* bzw. *SAM 62 ... 65*. Auch Germaniumdioden, von denen unsere Industrie ein großes Sortiment fertigt, sind ungeeignet, da ihre Schwellenspannung einen zu geringen Wert hat.

2.6. FET als Kondensatormikrofonverstärker

Eine naheliegende Anwendungsmöglichkeit des MOSFET ist der Kondensatormikrofonverstärker. Der praktisch unendlich große Eingangswiderstand dieses Bauelements ist hierfür sehr geeignet. Bild 2.6 zeigt ein Beispiel für den Stromlaufplan eines derartigen Verstärkers. Der in der Originalschaltung [20] verwendete MOSFET *2 N 3819* kann durch unseren *SM 103* ersetzt werden, wobei allerdings offen ist, ob das Rauschverhalten unseres MOSFET hier genügt.

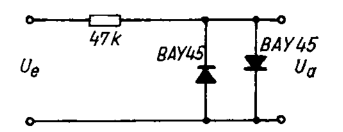


Bild 2.5
Einfacher Diodenclipper

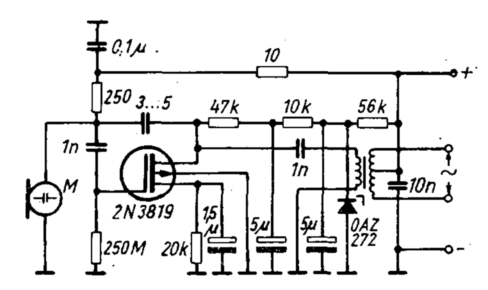


Bild 2.6 Stromlaufplan des Kondensatormikrofonverstärkers mit Feldeffekttransistor

Die Z-Diode *OAZ 272* kann hier durch die DDR-Typen *SZX 19/24* ersetzt werden.
Die Kondensatormikrofonflasche wird (Kapsel + Vorverstärker) über ein zweiadriges abgeschirmtes Kabel angeschlossen, die Abschirmung ist der Minusleiter, die positive Spannung beträgt etwa 150 V. Der Ausgangsübertrager ist gleichstromfrei gehalten, hier kann als Kernmaterial Mumetall verwendet werden.

2.7. Andere Schaltungen des FET als Kondensatormikrofonverstärker

Das Problem der Verwendung des Feldeffekttransistors als Kondensatormikrofon-Verstärkerstufe findet man an vielen Stellen in der Fachliteratur. In einem Beitrag aus der ČSSR [21], [22] werden verschiedene Schaltungen untersucht. Bild 2.7 b ist die zuverlässigere Schaltung aus diesem Beitrag: Tritt durch starken Schalldruck einmal ein Kurzschluß der Kondensatormikrofonkapsel KM auf, so gelangt die volle Polarisationsspannung U_{pol} (etwa 45 ... 200 V) an die Gate-Elektrode des Feldeffekttransistors. Das „überlebt" dieser wahrscheinlich *nicht!* In Bild 2.7 b schützt ein 1-nF-Kondensator die Gate-Elektrode. Allerdings „hängt sie in der Luft", denn sie ist nur über den Isolationswiderstand mit Masse ver-

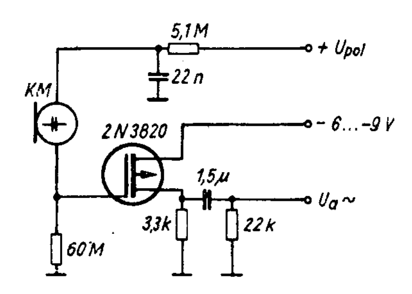


Bild 2.7a

bunden. Vorzuziehen ist jedoch ein hochohmiger Widerstand (etwa 100 MΩ, in Bild 2.7 b gestrichelt gezeichnet).
Die meisten FETs aus der DDR-Produktion sind n-Typen, der in der Originalschaltung verwendete *2 N 3820* ist jedoch ein p-Typ. Bei Verwendung der DDR-Typen *SM 103/SM 104* muß die Speisespannungsquelle umgepolt werden, was auf die übrige Schaltung keinen Einfluß hat.
Für den 1,5-μF-Koppelkondensator am Ausgang der Verstärkerstufe kann ohne weiteres ein Elektrolytkondensator verwendet werden. Die gesamte Verstärkerstufe ist so klein in den Abmessungen, daß sie meist in der Kapsel des Kondensatormikrofons mit untergebracht werden kann. Ein Argument gegen das Kondensatormikrofon — der mehr oder weniger aufwendige Verstärker — fällt durch die Verwendung des Feldeffekttransistors weg.

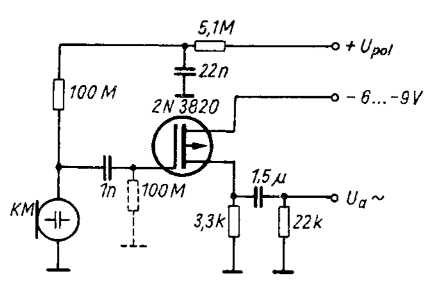


Bild 2.7b Andere Kondensatormikrofonschaltung mit Feldeffekttransistor

2.8. Symmetrische Phasenumkehrstufe

Die bekannte „Katodyn"-Phasenumkehrstufe ($R_a/2$ in Emitter- und Kollektorleitung) hat den Nachteil, daß zwar ihre beiden Ausgangsspannungen betragsgleich, ihre Ausgangsimpedanzen jedoch verschieden groß sind. Meist spielt das keine Rolle, es gibt jedoch Fälle, in denen es stört.
Von einem neuseeländischen Funkamateur stammt die in Bild 2.8 wiedergegebene Schaltung [23]. Dimensionierungen wurden nicht angegeben, da die Schaltung ganz allgemein gilt. Der Widerstand R2 muß auf alle Fälle gleich R4 sein, damit an Emitter und Kollektor die betragsgleichen Ausgangsspannungen stehen. Dabei ist R1 wie üblich bemessen, so daß sich eine möglichst große und verzerrungsarme Verstärkung v des ersten Transistors ergibt. Ferner soll gelten:

$$v = 0{,}8 - I_1 \frac{R3 + R4 \cdot R4}{R3 + 2 \cdot R4}$$

Die bereits beschriebene Schaltungsdimensionierung ist nur für Siliziumtransistoren exakt. Da in der DDR keine pnp-Si-Transistoren hergestellt werden, ist ein importierter Transistor für T2 zu empfehlen (siehe Abschnitt 1.3.). Prinzipiell läßt sich für T2 auch ein Germaniumtransistor (*GC 116* o. ä.) einsetzen, nur gilt dann die angegebene Gleichung nicht mehr exakt.

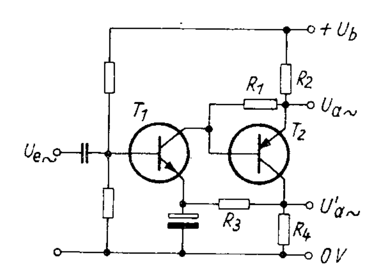


Bild 2.8
Völlig symmetrische Phasenumkehrstufe

3. Schaltungen aus der Empfängertechnik

3.1. Band-II-Antennenverstärker*

Immer wieder fragen Elektronikamateure nach UKW-Antennenverstärkern für das Band II (Hörrundfunk). Im Gegensatz zu VHF-Antennenverstärkern für die Bänder I und III (Fernsehen) sind Band-II-Antennenverstärker in der Literatur selten zu finden. Bild 3.1 zeigt den Stromlaufplan eines solchen Verstärkers aus der Entwicklung der Philipps-Laboratorien [24].

Der beschriebene Verstärker weist eine Bandpass-Charakteristik auf. Er verstärkt alle Frequenzen zwischen etwa 85 MHz und 108 MHz um 43 dB.

Die Spulenwerte des Verstärkers:

L1 380 nH, 14 Wdg. aus 0,5-mm-CuL-Draht, 4 mm Spulendurchmesser, 0,5 mm Steigung;

L2 28 nH, 2 Wdg. aus 1,0-mm-Cul-Draht, 4 mm Spulendurchmesser, 2,5 mm Steigung;

L3 wie L1;

L4 125 nH, 5 Wdg. aus 1,3-mm-CuAg-Draht, 8 mm Spulendurchmesser, 2,5 mm Steigung;

L5 wie L4;

L6 wie L4 und L5, jedoch bei 2,5 Wdg. angezapft;

L7 70 nH, 2 Wdg. aus CuAg-Draht, 8 mm Spulendurchmesser, 2 mm Steigung;

L8 bis L10 $\lambda/4$-Drosseln, mit 1 kΩ bedämpft.

Für die Transistoren sind zu empfehlen:

An Stelle des *BFY 90* und des *BFW 16* kann der *SF 245* aus der DDR-Produktion verwendet werden.

Es ist darauf zu achten, daß der Kollektorstrom der einzelnen Transistoren 25 mA nicht übersteigt. Der Eingangswiderstand beträgt in der Originalschaltung etwa 60 Ω, der Ausgangs-

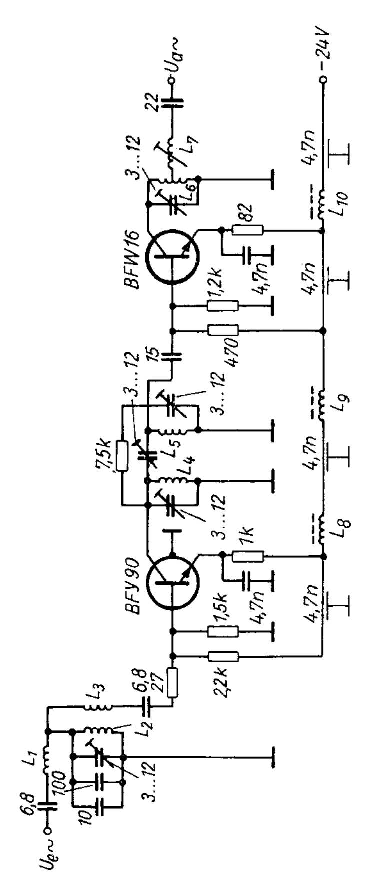


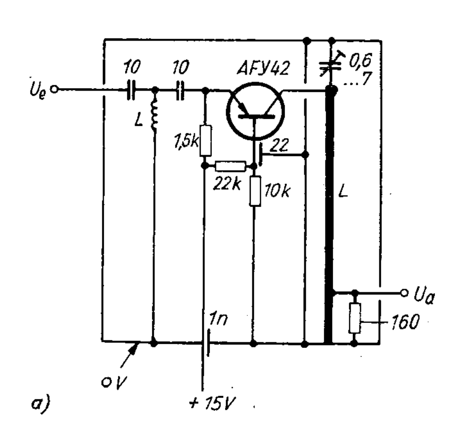
Bild 3.1 Antennenverstärker für den UKW-Hörrundfunkbereich (Band II)

widerstand etwa 30 Ω. Natürlich werden bei der veränderten Bestückung die Daten des Originals nicht sofort erreicht.

Die angegebene Literaturstelle erläutert noch mehrere andere Antennenverstärker für alle Frequenzbänder im VHF- und UHF-Bereich.

3.2. UHF-Antennenverstärker

Mit der Einführung des UHF-Fernsehens in unserer Republik treten viele neue Probleme auf. Die Feldstärke ist bei UHF häufig wesentlich geringer als bei VHF und die Dämpfung der Antennenableitung größer. Darum benötigt man oft einen UHF-Antennenverstärker. Aber Achtung: Dieser kann nur die Dämpfung der Antennenableitung kompensieren, ist folglich vor dieser (am Dipol) zu montieren. Dafür ist er sehr einfach und bedarf kaum einer nachträglichen Wartung, wenn er einmal eingemessen worden ist.



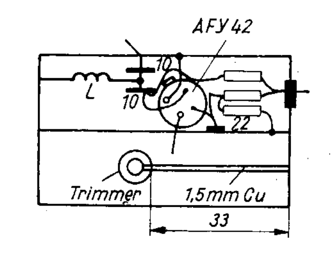


Bild 3.2
Stromlaufplan (a) und Bauelementeanordnung (b) eines UHF-Antennenverstärkers

Bild 3.2 zeigt den Stromlaufplan (a) und den Aufbau (b) des Verstärkers [25]. Die Induktivität L besteht aus 3 Windungen mit 0,6-mm-CuL, Spulendurchmesser 3 mm (freitragend), die Viertelwellenlängenleitung l hat eine Länge von 33 mm und besteht aus 1,5-mm-CuAg-Draht. Ein- und Ausgang des Verstärkers sind für 60 Ω ausgelegt. Die Abstimmung auf den Sender erfolgt mit dem Trimmer zwischen Kollektor und Masse.
An Stelle des Transistors *AFY 42* werden die Transistoren *GF 145* bzw. *GF 147* empfohlen. Auch der Siliziumtransistor *SF 245* läßt sich verwenden, doch ist dann die Speisespannungsquelle umzupolen (npn-Transistor!).

3.3. K-M-L-Antennenverstärker*

Nicht nur für Meter- und Dezimeterwellen gibt es Antennenverstärker, sondern auch für die AM-Bereiche Kurz-, Mittel- und Langwellen. Der Schaltplan eines derartigen Verstärkers [26] für 100 kHz ... 30 MHz ist in Bild 3.3 zu sehen. Die Wickeldaten der Spulen:
L1 20 Windungen 0,2-mm-CuL auf 3-mm-Ferritstift,
L2 20 Windungen 0,3-mm-CuL freitragend.
Die Transistoren *BC 148* können durch unsere *SF 137* bzw. *SF 240* ersetzt werden. Der Verstärker wird auf engstem Raum aufgebaut. Eine zur Selbsterregung führende Kopplung ist nicht zu befürchten.

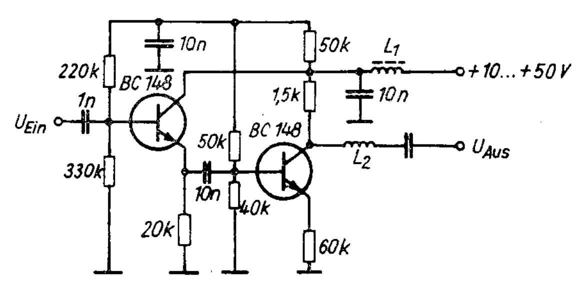


Bild 3.3 K-M-L-Antennenverstärker

3.4. VHF-Diodentuner

Sehr viel praktische Erfahrung verlangt der in Bild 3.4 dargestellte Tuner. Er ist für die Bänder I und III ausgelegt (gezeichnete Schalterstellung: Band I), zur Umschaltung dienen die Schalter S1 ... S10. Die Abstimmung erfolgt elektronisch, d. h. mit Kapazitätsdioden.
Die verwendete *BA 121* (Telefunken) kann durch die Dioden *SAZ 12* bzw. *SAZ 13* ersetzt werden. Die Vorstufe, mit einem *AF 109* bestückt, ist geregelt (Aufwärtsregelung). Hier sollte man den *GF 145* einsetzen, während der Transistor *AF 106* durch den DDR-Transistor *GF 147* ersetzt werden kann. Die Z-Diode *OA 126/6* schließlich entspricht weitgehend unserer *SZX 18/5,5* bzw. *SZX 19/5,6*. Hier dürfte der Nachbau die geringsten Schwierigkeiten machen.

Wickeldaten

Alle Spulen auf einer M-4-Schraube als Wickeldorn freitragend gewickelt, jedoch mit einem Ferritstift als Kernmaterial versehen:

L1 4 Wdg. aus 0,8-mm-CuAg, angezapft bei 0,5 Wdg.,
L2 10 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, angezapft bei 2 Wdg.,
L3 10 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS,
L5 3 Wdg. aus 0,8-mm-CuAg,
L6 10 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS,
L7 3 Wdg. aus 0,8-mm-CuAg, angezapft bei 0,5 Wdg.,
L8 10 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, angezapft bei 2 Wdg.,
L9 6 Wdg. aus 0,8-mm-CuAg,
L10 3 Wdg. aus 0,8-mm-CuAg, angezapft bei 0,3 Wdg.,
L11 16 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS,
L12 16 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, Koppelwicklung etwa 5 ... 10 Wdg.,

KS1 2 × 1,5 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, auf L6 und L8 gewikkelt,
KS2 2 × 1,5 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, auf L5 und L7 gewikkelt und
KS3 0,5 Wdg. aus 0,2-mm-CuLS, auf L9 gewickelt.

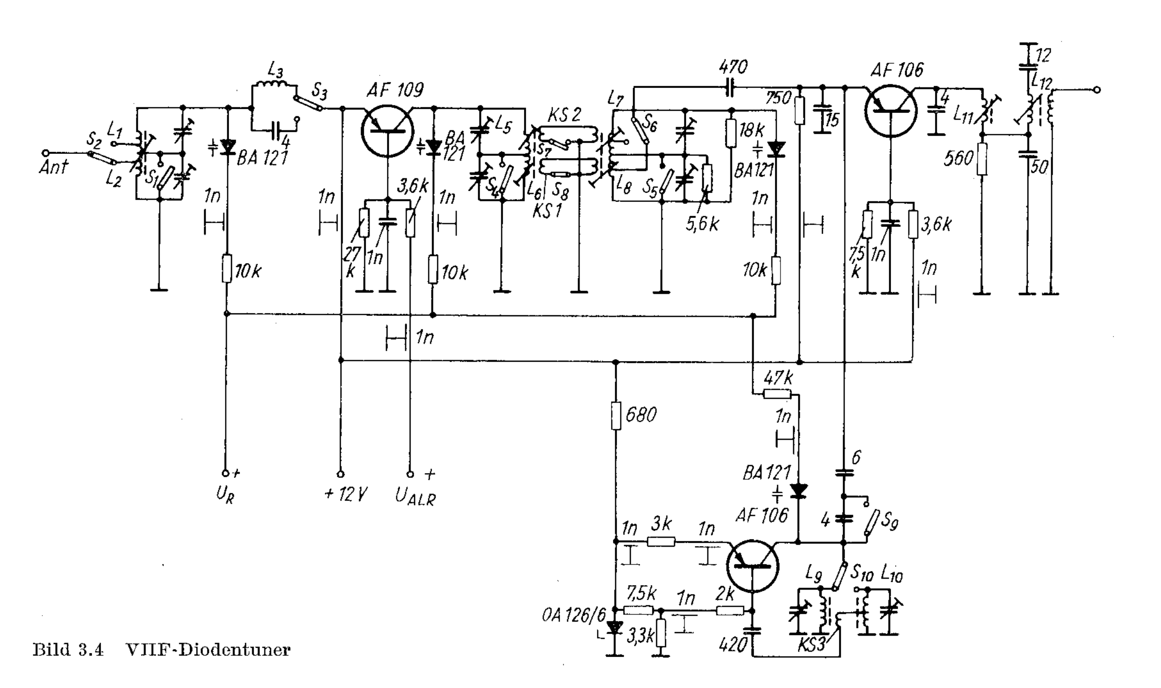


Bild 3.4 VHF-Diodentuner

Die Werte der Trimmer lagen in der Originalveröffentlichung [27] nicht vor.
Der beschriebene VHF-Tuner kann nicht ohne Meßgeräte mit Erfolg nachgebaut werden. Besonders die Bandbreite in den einzelnen Kanälen muß überprüft werden. Sie muß ≥ 10 MHz sein. Die Oszillatorspannung in den einzelnen Kanälen soll am Emitter des Mischstufentransistors 150 ... 200 mV betragen.

3.5. Miniatur-Geradeausempfänger*

Als relativ einfaches Rundfunkgerät bietet sich der Geradeausempfänger dem Newcomer an. Bild 3.5 zeigt ein Beispiel dafür aus der sowjetischen Amateurliteratur [28].
Das Gerät enthält nur wenige Teile. Die wichtigsten sind: Die Spulen, auf einen Ferritkernstab gewickelt — Richtwerte: Kerndurchmesser 8 mm, Kernlänge 60 mm, Windungszahl L1 240 ... 250 mit Drahtstärke 0,1 ... 0,12 mm, Windungszahl L2 5 ... 20 mit Drahtstärke 0,18 ... 0,25 mm. Die Drossel Dr ist auf einen Ferritkern mit 7 mm Durchmesser gewickelt, 160 Wdg. mit 0,12 lackseideisoliertem Draht. Die Transistorbestückung: Für *П 401* wird unser *GF 130* vorgeschlagen, für *МП 36* unser *SF 121* oder ähnliche. (Typ ist nicht kritisch), für *М П 41* unser *GC 116*. Die Stromversorgung übernimmt eine 1,2-V-Knopfzelle, die Stromaufnahme beträgt 4 ... 6 mA.
Die Schaltung des Mustergeräts wurde auf eine Leiterplatine

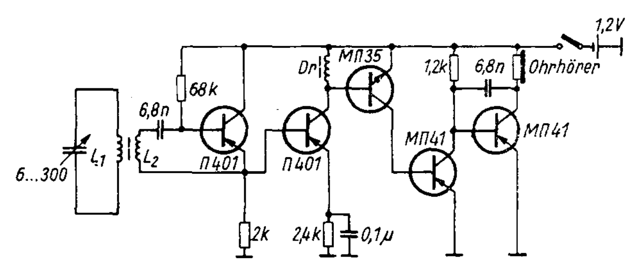


Bild 3.5 Einfacher Miniatur-Geradeausempfänger

von 55 mm × 30 mm Fläche montiert. Das komplette Gerät hat die Abmessungen 84 mm × 48 mm × 20 mm.
Bei dem beschriebenen Geradeausempfänger handelt es sich um die Stufenfolge: HF-Vorstufe (aperiodisch), zwei Transistoren, Demodulator, NF-Vorstufe, NF-Endstufe. Die Wiedergabe erfolgt mit einem *magnetischen* Ohrhörer. (Achtung! Kristallkopfhörer sind hier unbrauchbar.)

3.6. Selektive Gegenkopplung im FET-Verstärker

Beim RC-gekoppelten FET-Verstärker läßt sich auf einfache Art eine selektive Gegenkopplung einführen, die der Durchlaßkurve des Verstärkers den Charakter einer Bandsperre verleiht: Verstärkung sehr klein bei der Resonanzfrequenz von L und C (Bild 3.6), zunehmend, je größer die Verstimmung ist. Die Dimensionierung ist sehr einfach. Da sich infolge des Spannungsabfalls an R3 die Source-Elektrode auf einem hohen Potential befindet, wird die Gate-Vorspannung durch einen hochohmigen Spannungsteiler R1/R2 bewirkt. Da kein Strom in die Gate-Elektrode fließt, kann die Dimensionierung sehr einfach erfolgen. R3 soll etwa 5 ... 10 kΩ betragen.
Die Originalschaltung [29] arbeitet mit einem sowjetischen p-MOSFET, doch kann die Schaltung nach Umpolung der Speisespannung U_b genausogut mit unseren n-MOSFET verwendet werden. Dimensionierungen wurden nicht angegeben, da es sich um die Schilderung einer Prinzipschaltung handelt, die sich übrigens bei röhrenbestückten Schaltungen, z. B. als ZF-Sperrkreis, schon seit langem gut bewährt.

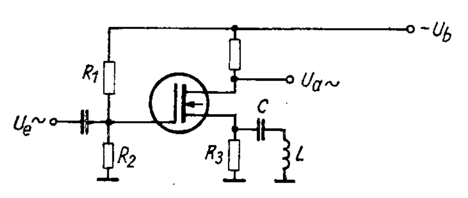


Bild 3.6 Selektive Gegenkopplung im HF-Verstärker mit Feldeffekttransistor

3.7. Feldstärkeabhängige Störblende

Beim Empfang von AM-Sendern tritt bei geringer Feldstärke des Senders ein Rauschen auf, das bei stärker einfallenden Sendern nicht vorhanden ist. Der Rundfunkhörer hilft sich dagegen, indem er die hohen Niederfrequenzanteile mit der Klangblende bei schwach einfallenden Sendern dämpft.

Bild 3.7 zeigt eine Schaltung, die das automatisch bewirkt: Je geringer die Richtspannung am AM-Demodulator (bzw. je geringer die Feldstärke des empfangenen Senders) ist, um so stärker werden die hohen Frequenzanteile der NF-Spannung beschnitten [30].

Die Tonfrequenzspannung vom AM-Demodulator wird über die Kondensatoren C1 und C2 gegen Masse abgeleitet, je nachdem, wie stark die beiden Dioden D1 und D2 leiten. Dies wiederum hängt von ihrer Polung (Durchlaß- oder Sperrichtung) ab. Die Richtspannung aus dem AM-Demodulator gelangt an die Basis des Transistors T1. Sie ist dadurch positiv gegen Masse, das heißt öffnet T1 mehr oder weniger. (Am Emitter von T1 wird die verzögerte Aufwärtsregelspannung abgenommen, was für die hier behandelte Schaltung ohne Bedeutung ist.) Solange T1 gesperrt ist (schwach einfallende Sender), ist sein Kollektor positiver als der Verbindungspunkt der Widerstände R1 und R2. Die Dioden D1 und D2 sind in Durchlaßrichtung gepolt, ein starker Teil der hohen Tonfrequenzen gelangt über die Elektrolytkondensatoren C3 und C4 an Masse. Fällt ein Sender stärker ein, so ist die Richtspannung aus dem Demodulator größer. T1 wird geöffnet, die Kollektorspannung sinkt. Ist sie kleiner als die Spannung am Verbindungspunkt von R1 und R2, so sind die Dioden D1 und D2 in Sperrichtung gepolt, die hohen Tonfrequenzanteile werden praktisch nicht gedämpft. Die Tonfrequenzspannung gelangt nach der feldstärkeabhängigen Störblende zur Basis des Transistors T2, wo sie verstärkt und dann wie üblich „weiter behandelt“ wird.

Die Schaltung muß den Gegebenheiten des betreffenden Geräts entsprechend variiert werden. Hier kam es darauf an, ihr

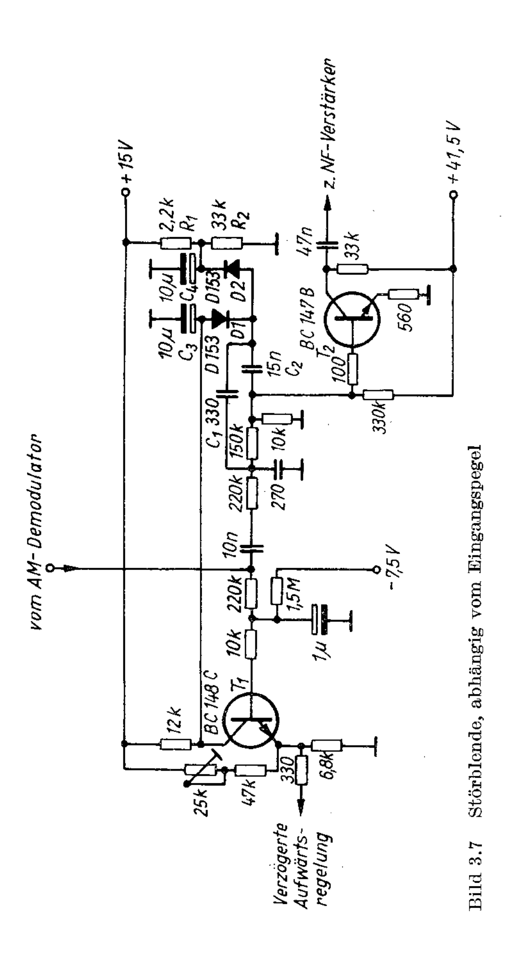


Bild 3.7 Störblende, abhängig vom Eingangspegel

Prinzip zu zeigen. Für T1 ist unser *SC 207* (Stromverstärkungsgruppe E) verwendbar, für T2 *SC 206* (Stromverstärkungsgruppe D). Die Dioden lassen sich durch unsere *GA 100* oder auch *OA 900* ersetzen.

3.8. Abstimmanzeige im Transistor-Rundfunkempfänger

Die Abstimmanzeige im transistorisierten Rundfunkempfänger ist und bleibt ein Problem: Abstimmanzeigeröhren (Magische Augen) lassen sich nicht verwenden, da die Anodenspannung fehlt. In Bild 3.8 ist nun eine einfache, nachträglich einzubauende Schaltung zu sehen [31]: R2 ist ein zusätzlich eingebauter Widerstand in der Emitterleitung des zweiten ZF-Transistors (Wert etwa 100 Ω, ausprobieren!). An ihm fällt eine Spannung ab, die man über R1 (etwa 1 kΩ) der Basis eines nachträglich eingebauten Transistors T (*SF 021 ... SF 025*, eventuell *SC 206/SC 207*) zuführt. Bei exakter Abstimmung auf einen Sender nimmt diese Spannung ein Minimum an, die kleine Lampe La (4 V/0,1 A) im Kollektorkreis des Transistors leuchtet am schwächsten. Damit die Abstimmanzeige nicht ständig Leistung aufnimmt, wird sie nur während der Abstimmung durch Drücken der Taste Ta in Betrieb gesetzt. Die Einrichtung funktioniert sowohl in reinen AM-Empfängern wie auch in AM/FM-Empfängern. In beiden Fällen

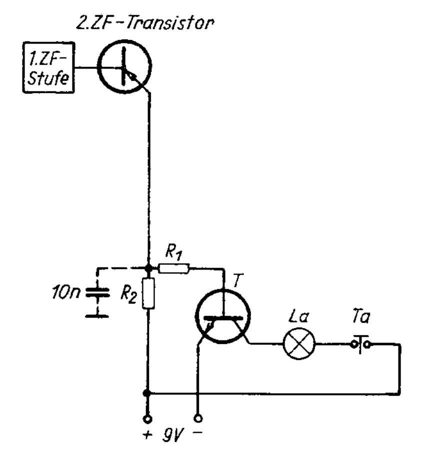


Bild 3.8
Abstimmanzeige im Transistorrundfunkempfänger

nimmt der Strom durch den ZF-Transistor ein Minimum an, wenn ein Sender empfangen wird und damit auch ein Minimum für die Basisspannung des Siliziumtransistors.

3.9. Pilottonfilter für Stereo-Rundfunkaufnahmen

Beim Mitschneiden von Stereo-Rundfunksendungen mit dafür geeigneten Tonbandgeräten (*B 46* von Tesla o. ä.) können der 19-kHz-Pilotton oder die höchstfrequenten Anteile des Multiplexsignals Interferenzen mit dem Aufnahme- bzw. Löschgenerator des Tonbandgeräts ergeben. Diese Störungen vermeidet ein Filter in jedem Aufnahmekanal. In Bild 3.9 wird der Stromlaufplan eines Filters gezeigt [32]: Es läßt die NF-Spannung bis 15 kHz geradlinig durch (Dämpfung bei 10 Hz: 0,3 dB), dämpft dann bei 19 kHz besonders stark und unterdrückt auch die höherfrequenten Anteile des Multiplexsignals. Natürlich sind die Spulen- und Kondensatorwerte des eigentlichen Filters sehr genau einzuhalten. Im allgemeinen genügt es nicht, sich auf die aufgedruckten Werte (Kondensatoren) zu verlassen, denn diese sind toleranzbehaftet. Also ausmessen!

Für den *BC 109 C* ist unser *SC 207* zu verwenden, für den *BC 109 B* der Transistor *SC 206*. In beiden Fällen wird empfohlen, Transistoren mit Verstärkungsgruppe D ... E zu verwenden. Die Spulen (Ferritschalenkern) sind abzuschirmen, für die Kondensatoren wird zu den beständigen Styroflex-Typen geraten.

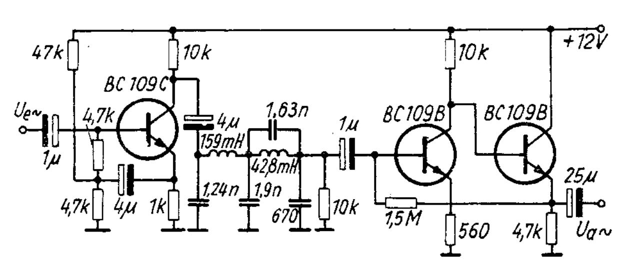


Bild 3.9 Pilottonfilter für Stereo-Rundfunkaufnahmen

4. Schaltungen aus der Amateursendetechnik

4.1. Transistorisierter Resonanzmesser*

Der *Grid-Dipper* erfreut sich seit Jahrzehnten unveränderter Beliebtheit beim Elektronikamateur. Gemeint ist jener passive Resonanzmesser, bei dem ein mit dem Meßkreis gekoppelter Kreis bei Resonanz Leistung entzieht. Diese nimmt ein Maximum an, wenn die Resonanzfrequenzen beider Kreise übereinstimmen. Liegt der Meßkreis als frequenzbestimmender Kreis in einer Röhrenoszillatorschaltung, so geht bei Resonanz beider Kreise der Gitterstrom stark zurück. Mit diesem Stromrückgang, dem „dip", läßt sich die Resonanzfrequenz sehr genau bestimmen.
Da auch der Elektronikamateur den Transistor verwendet, erhält der konventionelle *Grid-Dipper* durch den transistorisierten Dip-Frequenzmesser Konkurrenz. Mit Transistoren lassen sich einfache Verstärker hinter dem Oszillator aufbauen, die Empfindlichkeit der Anordnung ist groß. In Bild 4.1 ist eine solche Schaltung aus der ungarischen Amateurliteratur zu sehen [33]: Mit dem Eichkreis schwingt ein Transistor

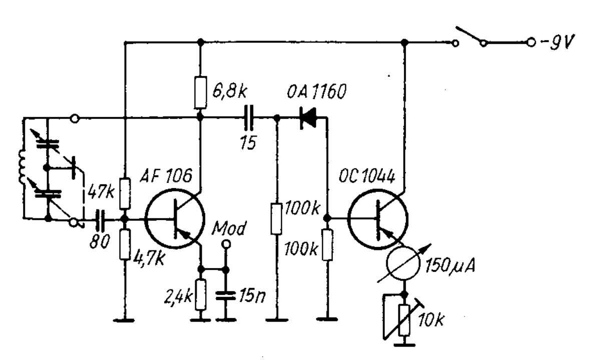


Bild 4.1 Transistorisierter Resonanzmesser

AF 106 (vorgeschlagen wird hier *GF 132*, aber auch jeder andere HF-Transistor mit großer Grenzfrequenz ist verwendbar). Am Emitter des Transistors kann im Bedarfsfall die Modulation der zu messenden HF-Spannung abgenommen werden. Nach Gleichrichtung in der Diode *OA 1160* (Austauschtyp: *GA 100* o. ä.) erfolgt eine nochmalige Verstärkung. Der hier eingesetzte Transistor *OC 1044* kann durch jeden NF-Anfangsstufentransistor (*GC 116* o. ä.) ersetzt werden. Sein Emitterstrom wird von einem empfindlichen Meßinstrument gemessen und nimmt bei Resonanz ein Maximum an. Angaben über den Eichkreis liegen nicht vor. Sie richten sich weitgehend nach der Konstruktion des Frequenzmessers. Vorgeschlagen für den Drehkondensator wird der bei vielen UKW-Amateuren beliebte Schmetterlingsdrehkondensator 2 × 16 pF. Die Spulen sind steckbar, um die Meßbereiche schnell wechseln zu können. Auf geringe Restkapazität des Schwingkreises ist Wert zu legen, erreicht wurde eine Frequenzvariation von mindestens 1 : 3.

4.2. Frequenzmodulierter Quarzoszillator

Der 2-m-Amateurfunk arbeitet bekanntlich mit Frequenzmodulation. Andererseits muß die Frequenz des Senders sehr eng eingehalten werden, um QSO mit dem „Frequenznachbarn" zu vermeiden. Hier scheint ein Widerspruch zu bestehen: Sehr genaue Einhaltung der Oszillatorfrequenz bedeutet ihre Quarzstabilisierung, Frequenzmodulation bedeutet eine, wenn auch geringe Änderung der Oszillatorfrequenz.
Dieser Widerspruch ist nur scheinbar. Jeder Quarzoszillator läßt sich um eine Kleinigkeit verstimmen, seine Frequenz läßt sich „ziehen". Durch eine geeignete Schaltung kann man mit rhythmischem „Ziehen" der Oszillatorfrequenz im Takt der Modulation eine brauchbare Schmalbandfrequenzmodulation (NFM) erzielen. Diese ist natürlich qualitätsmäßig nicht mit der Breitbandfrequenzmodulation des UKW-Hörrundfunks zu vergleichen. Für Sprachzwecke genügt sie vollauf.
Bild 4.2 zeigt den Stromlaufplan eines frequenzmodulierten

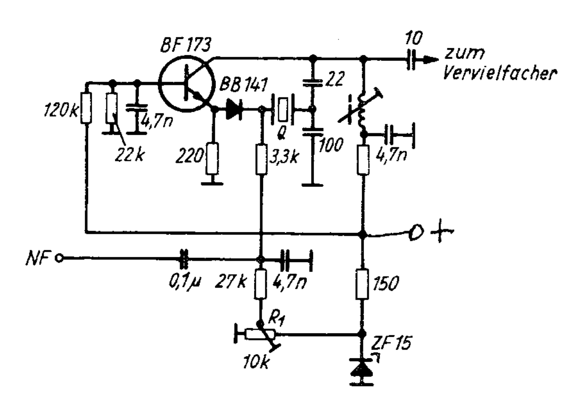


Bild 4.2 Frequenzmodulierter Quarzoszillator

Quarzoszillators [34]: Ein Transistor *BF 173* — durch unseren *SF 240* oder *SF 245* zu ersetzen — schwingt in der Originalschaltung auf 48 MHz. Die Rückkopplung erfolgt vom Emitter über eine Kapazitätsdiode *BB 141* und einen Quarz auf den Schwingkreis in der Kollektorleitung. Die Modulationsspannung ändert entsprechend ihrem Augenblickswert die Kapazität der *BB 141* und somit die Oszillatorfrequenz.
Das allergrößte Problem der Schaltung liegt in den technischen Daten der Kapazitätsdiode. Mit dem Potentiometer R1 wird die Ruhespannung bzw. die Nullfrequenz abgeglichen. Bei 25 V beträgt die Kapazität derDiode etwa 2 ... 3 pF, bei 1V 19 pF. Sie müßte sich ungefähr durch unsere *SA 128* ersetzen lassen.
Da der Hub genau wie die Oszillatorfrequenz vervielfacht wird, genügt ein kleiner Hub des Oszillators. Darum reicht auch der geringe „Ziehbereich" des Quarzes aus, um den Spitzenhub von 3 ... 4 kHz bei der endgültigen Sendefrequenz zu erreichen.
Die Z-Diode *ZF 15* der Originalschaltung kann durch den DDR-Typ *SZX 19/15* ersetzt werden, die zulässige Verlustleistung des Originaltyps ist allerdings größer (400 mW an Stelle von 250 mW).

4.3. Klirrarmer Kollektor-Emitter-Modulator

In Meßsendern ergibt sich unter anderem das Problem, eine HF-Spannung klirrarm zu modulieren. In Bild 4.3 wird die Schaltung eines solchen Modulators gezeigt, der von der sehr klirrarmen Emitter-Kollektor-Modulation Gebrauch macht [35]. (Die Emitter-Modulation kommt durch den 0,1-μF-Kondensator zwischen Ausgangsübertrager und 10-kΩ-Regler zustande.) Der Klirrfaktor der Musterschaltung wurde mit kleiner als 1 % bei $m = 0,8$ ermittelt.

An Stelle des *AF 200* ist unser *GF 131* zu empfehlen. Zu den Übertragerdaten gab die Primärliteratur keinen Hinweis, doch dürfte ihre Dimensionierung unkritisch sein: Der Eingangsübertrager ist wie üblich zu dimensionieren (unkritisch, wenn nicht auf optimale Leistungsanpassung Wert gelegt wird), der Ausgangsübertrager paßt den Transistor (Kennlinienfeld benutzen) ungefähr mit $\frac{U_{CE}}{I_C} = R_a$ an die folgende Stufe an.

4.4. Fernsteuersender mit etwa 1 W Ausgangsleistung

Es muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß bereits der Aufbau eines Senders ohne amtliche Genehmigung – gleich

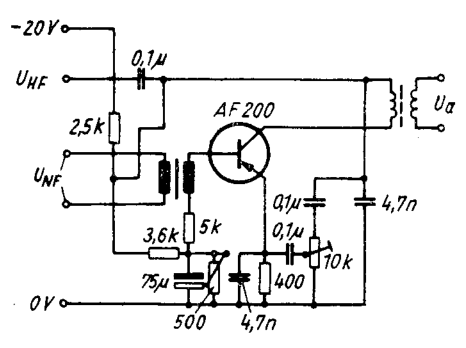


Bild 4.3 Klirrarmer Kollektor-Emitter-Amplitudenmodulator

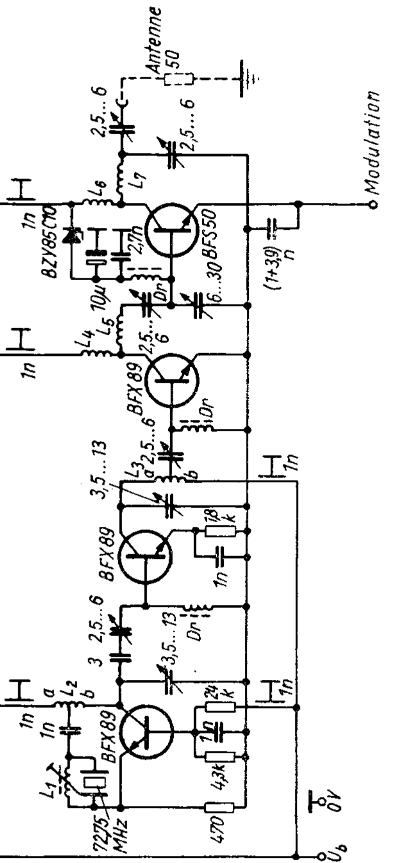


Bild 4.4 Fernsteuersender mit etwa 1 W Ausgangsleistung auf 440 MHz

welcher Leistung — strafbar ist. Der im folgenden kurz beschriebene volltransistorisierte Fernsteuersender ist keine bastelhafte Spielerei, sondern das Ergebnis langer Entwicklungsarbeit [36].

Bild 4.4 zeigt den Stromlaufplan. Einem Quarzoszillator folgt eine Verdreifacherstufe, eine Treiber- und eine PA-Stufe.

Auffallend ist die große Zahl von Drehkondensatoren in der Schaltung: Nicht nur die Abstimmung auf Resonanz (in jeder Stufe) wird mit ihnen durchgeführt, sondern auch die Größe der jeweiligen Steuerleistung (in jeder Stufe) kann mit Drehkondensatoren eingestellt werden.

Spulendaten

Sie werden mit 1-mm-CuAg-Draht auf einem 6-mm-Wickeldorn gewickelt. Die Windungszahlen betragen
8 Wdg. für L1,
2 Wdg. für L2a und 10,5 Wdg. für L2b,
3,5 Wdg. für L3a und 3,5 Wdg. für L3b,
4 Wdg. für L4,
4 Wdg. für L5,
1,5 Wdg. für L5,
1,5 Wdg. für L6 und
2,5 Wdg. für L7.
Die Drosseln bestehen, wie allgemein üblich, aus etwa 50 cm ($\lambda/4$) Draht, auf einen Widerstand von etwa 10 kΩ/1 W gewickelt. Die Halbleiterbauelemente-Bestückung: Für den *BFX 89* läßt sich *SF 245* verwenden, auch der sowjetische *KT 326 A**). Als Leistungsendstufe kommen die sowjetischen Transistoren *KT 606 A*, *KT 607 A*, *KT 904* oder *KT 907* in Frage. Die Z-Diode *BZY 85 C 10* läßt sich durch unsere *SZX 19/10* ersetzen. Da sie aber nur eine geringere Verlustleistung verträgt als der Originaltyp, muß man überprüfen, ob sie nicht überlastet wird.
Am Emitter der PA-Stufe kann ein Modulationssignal zugeführt werden. Der Sender läßt sich bis zu m = 1 modulieren (k = 10 %). Beim Aufbau und Abgleich macht der Sender einige Mühe. Daran sollten auch erfahrene OM's denken — die Volltransistorisierung ist eine noch ungewohnte Technik beim Senderbau!

*) Der Transistor *KT 326 A* ist ein Si-pnp-Typ. Die Stromzuführung für ihn muß umgepolt werden!

5. Geräte der Stromversorgungstechnik

5.1. Kurzschlußfester Netzteil*

Regelnetzgeräte erfreuen sich großer Beliebtheit. In der Industrie werden sie dort eingesetzt, wo es auf eine von Belastungsänderungen möglichst konstante Spannung ankommt. Transistorisierte Verstärker mit Gegentakt-B-Endstufe — um nur ein Beispiel zu nennen — kommen (bei Netzbetrieb) nicht ohne Regelnetzteil aus.
Der Elektronikamateur sollte mehr als bisher „seine" Spannung aus einem Regelnetzteil gewinnen. Gewiß, Batterien sind billiger, aber über ihren Zustand ist man so gut wie nie informiert.
Ein Nachteil des „konventionellen" Regelnetzteiles ist, daß seine Ausgangsspannung empfindlich gegen Kurzschlüsse ist. Bei *längeren* Kurzschlüssen wird unter Umständen der (Längs-) Regeltransistor überlastet und „stirbt". Dagegen hilft eine „elektronische Sicherung". Bild 5.1 gibt eine kurz-

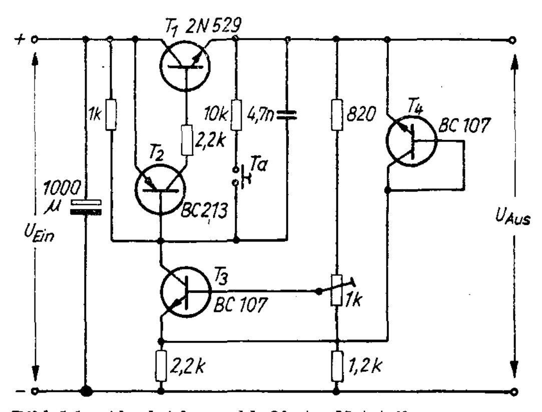


Bild 5.1 Absolut kurzschlußfester Netzteil

schlußfeste Schaltung eines Regelnetzteiles wieder, die zwar aufwendig ist, jedoch absolut „sicher“ funktioniert [37].

T1 ist der Regeltransistor. Der in der genannten Originalschaltung verwendete Typ *2 N 529* kann ohne weiteres gegen den DDR-Transistor *GC 301* oder einen tschechoslowakischen Transistor *GC 500* bzw. *GC 501* ausgetauscht werden, Gesteuert wird der Regeltransistor von einem *BC 213* (T2), für den ein *GC 121* verwendet werden kann (pnp-Siliziumtransistoren stellt unsere Industrie z. Z. nicht her). T2 wird wieder von T3 angesteuert. Für den im Original verwendeten *BC 107* kann man unseren Transistor *SC 206* einsetzen.

Der als Diode wirkende Transistor T4 läßt sich durch eine geeignete Z-Diode ersetzen. Er hat nur die Aufgabe, einen weitgehend konstanten Spannungsabfall zu erzeugen. Im Normalfall, d. h. solange der maximale Laststrom des Netzteiles nicht überschritten wird, wirkt an der Basis von T3 ein Teil der Ausgangsspannung und steuert diesen „in der richtigen Richtung“. Bei Überlastung ist die Emitterspannung von T3 höher als die Basisspannung. Es fließt kein Strom durch T3, T2 und T1 bleiben gesperrt. Erst nach Beseitigen der Überlastung und kurzzeitiges Drücken der Taste Ta funktioniert die Regelschaltung wieder.

T4 kann ebenfalls durch einen *SC 206* bzw. *SC 207* ersetzt werden.

Hier nun die Daten, die mit der Originalschaltung erreicht wurden:

Eingangsspannung $U_{Ein} = 28$ V
Ausgangsspannung $U_{Aus} = 20$ V
Max. Laststrom $I_L = 500$ mA
Innenwiderstand $R_i = 0{,}12\,\Omega$
Max. Störspannung $U_{Br} = 4$ mV (Spitze-Spitze)
Stabilisierungsfaktor $\frac{\Delta U_{Ein}}{\Delta U_{Aus}} = 110$

Diese Werte werden beim Nachbau vermutlich nicht ganz erreicht.

5.2. Regelnetzteil mit Überlastungsschutz*

Einen anderen Netzteil [38] zeigt Bild 5.2. Hier ist keine elektronische Sicherung vorhanden, die nach Aufheben der Überlastung bzw. des Kurzschlusses erst „entriegelt" werden muß. Bei Überlastung blockiert der Netzteil, es kann demzufolge kein schädigender Strom fließen. Nach Aufheben der Überlastung regelt sich das Netzteil automatisch wieder auf. Es ist beinahe ein ideales Gerät zum Experimentieren. Hier nun die vorgeschlagene Bestückung mit DDR-Halbleiterbauelementen:

GD 240 bzw. *GD 241* für *AD 130*,
SC 206 für *BC 148* und
SZX 19/20 für *BZY 85 C 20*.

Das beschriebene Gerät leistet 20 V bei Strömen bis zu 0,8 A. Der ihn speisende Gleichrichter sollte etwa 21 V beim gleichen Strom abgeben können.

Zur konstruktiven Ausführung ist zu bemerken, daß der Leistungstransistor auf ein isoliertes, senkrecht angeordnetes Kühlblech von mindestens 300 cm² montiert werden muß.

Achtung! Der Kollektor des Transistors *GD 240/241* liegt am Gehäuse.

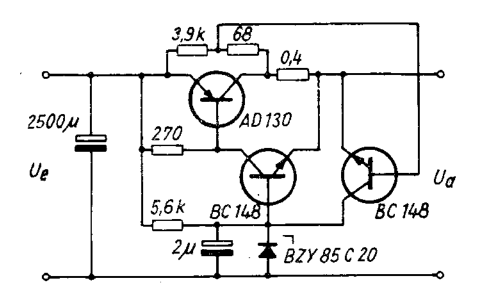


Bild 5.2 Regelnetzteil mit elektronischer Sicherung

5.3. Nochmals: Transistorisierter Spannungsregler

Die Schaltungen mit Transistoren in Regelnetzteilen bzw. als Spannungsregler („Konstanthalter") sind so zahlreich, daß auch in dieser Broschüre nochmals auf diese Thematik zurückgekommen wird. In den beiden Stromlaufplänen in den Bildern 5.3 a und 5.3 b wird ein Regelstromversorgungsteil gezeigt [39], das besonders für den Anschluß eines 9-V-Kofferempfängers bzw. 9-V-Verstärkers an eine 12-V-Batterie geeignet ist. Einige Daten der Schaltung in Bild 5.3 a:
Eingangsspannung $U_e = 12 \ldots 14{,}5$ V, Ausgangsspannung $U_a = 9$ V $\pm$ 10 mV, die Spannungsschwankung bei Stromentnahme von 0 ... 150 mA ist kaum meßbar. Bei der Schaltung in Bild 5.3 b ist der Ausgangswiderstand (differentieller Ausgangswiderstand!) negativ, was unter anderem bei Plattenspieler- oder Magnetbandgerätemotoren vorteilhaft ist.

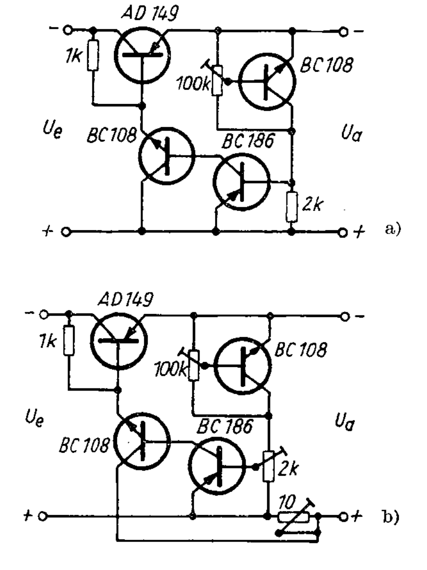


Bild 5.3
Andere Schaltungen von Regelnetzteilen

Erreicht wird dies durch eine stromabhängige Mitkopplung, deren Größe am 10-Ω-Widerstand eingestellt wird.
Die Bestückung mit bei uns erhältlichen Transistoren:
3 NU 74 (Tesla), П 4 Г, *П 4 Д* (UdSSR), *ASZ 1016*, *ASZ 1017* oder *OC 26* (Tungsram) für *AD 149; SC 206* oder *SC 207* für *BC 108* und *GC 116* oder *GC 121* für *BC 186*.

5.4. Elektronischer Zerhacker für 6/12 V Gleichspannung in 220 V Wechselspannung*

Der im folgenden beschriebene elektronische Wechselrichter [40] dürfte besonders die zahlreichen motorisierten Campingfreunde unter den Lesern interessieren: Er erlaubt den Betrieb eines elektrischen 220-V-Rasierapparats am 6-V-Motorradakkumulator. Bild 5.4 zeigt den Stromlaufplan. C1 gleicht die induktive Komponente der angeschlossenen Last (des Trockenrasierers) aus. Mit R1 kann die Frequenz exakt auf 50 Hz eingestellt werden, was bei Trockenrasierapparaten mit Schwingankern (z. B. der Typ *Komet TR 15*) sehr wichtig ist! Mit S schaltet man die Primärspannung von 6 V (Wick-

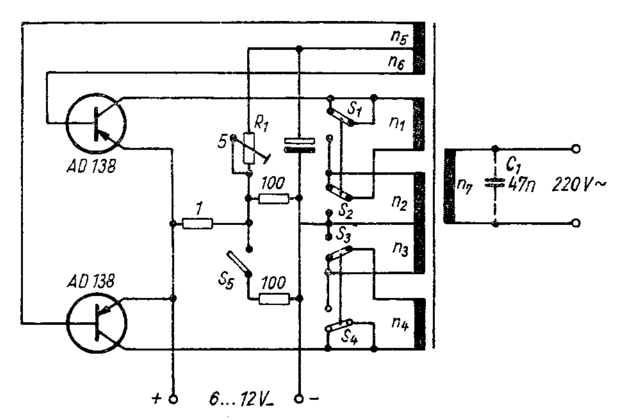


Bild 5.4 Elektronischer Zerhacker zur Gewinnung von 220 V/ 50Hz aus einer 6- oder 12-V-Batterie

lungen parallel) auf 12 V (Wicklungen in Reihe) um. Als Transformator wird die Größe M 65 × 27 ohne Luftspalt, wechselseitig geschichtet, verwendet. Die Daten der Wicklungen:
n1 und n4 je 48 Wdg. 0,85-mm-CuL, bifilar;
n2 und n3 je 48 Wdg. 0,85-mm-CuL, bifilar;
n5 und n6 je 10 Wdg. 0,3-mm-CuL, bifilar und
n7 1800 Wdg. 0,18-mm-CuL.
Die beiden Leistungstransistoren vom Typ *AD 138* können gegen den Typ *2 NU 74* ausgetauscht werden. Die etwas größere Verlustleistung des vorgeschlagenen Austauschtransistors (50 W an Stelle von 30 W) kann sich nur vorteilhaft auswirken. Mit gewissen Einschränkungen kann auch der Leistungstransistor *AD 149* verwendet werden (P_{tot} = 27,5 W an Stelle von 30 W).

5.5. Ladegerät für Motorradakkumulator*

Der Thyristor hat sich international einen festen Platz erobert. Auch für den DDR-Elektronikamateur bietet dieses Bauelement vielseitige Einsatzmöglichkeiten. Ein Beispiel dafür, wie man den Thyristor anwenden kann, liefert die Schaltung in Bild 5.5 [41]. Es handelt sich um ein Ladegerät für Motorradakkumulatoren, welches sich nach beendeter Ladung von selbst ausschaltet. Das kleine Gerät kann natürlich auch für andere Aufgaben verwendet werden.
Hier seine Wirkungsweise: An R wird eine bestimmte Spannung eingestellt. Ist beim Anschluß des Akkumulators dessen Spannung niedriger als die Spannung am Schleifer von R (etwa 1,2 V entfallen auf die Schwellenspannungen von D und T2), so ist die Basis von T2 positiver als dessen Emitter. Es fließt ein Strom durch T2. Dadurch wird der Längstransistor T1 geöffnet, und Thyristor Th zündet. Es fließt ein Ladestrom durch den Akkumulator. Wenn die Ladung beendet ist, übersteigt die Klemmenspannung des (Blei-)Akkumulators die Spannung an der Basis von T2; T1 wird gesperrt, und der Thyristor Th löscht. Es kann kein Ladestrom mehr fließen.

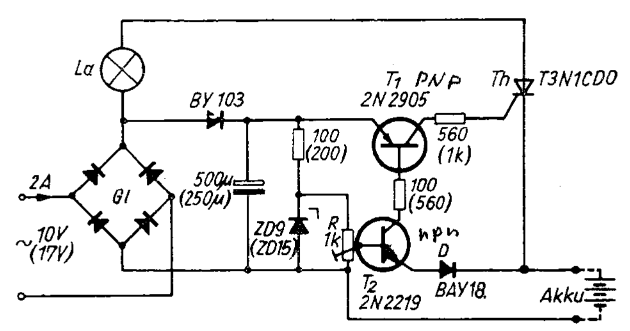


Bild 5.5 Akkumulatorladegerät mit Thyristor

Die Lampe La zeigt an, welcher Ladestrom maximal fließt: Bei einem 6-V-Akkumulator ist sie mit 6 V/15 W, bei 12 V mit 12 V/25 W zu wählen, der maximale Ladestrom beträgt dann 2 A. In Bild 5.5 sind die Bauelementewerte für 6 V angegeben, die Werte für 12 V sind eingeklammert. Die Halbleiterbestückung mit DDR-Bauelementen:
Für *BY 103* den Typ *SY 100,* für *BAY 18* den Typ *OA 901,* für *2 N 2905* den Typ *SF 023* bzw. *SF 127,* für 2 *N 2219 A* den Typ *SF 129* bzw. *SF 128,* für *T 3 N 1 COO* den Typ *ST 111/2,* für *ZD 9* den Typ *SZX 19/9,1* bzw. für *ZD 15* den Typ *SZX 19/15,* für Gl einen Selenbrückengleichrichter für 20 V/2,5 A; der Typ ist nicht kritisch.

5.6. Netzteil für Transistorkleinstgeräte

Der folgende Netzteil enthält keinen Netztransformator, der das Netz galvanisch von der Niederspannung trennt.
Ein unsachgemäßer Aufbau des Gerätes oder unvorsichtiges Umgehen mit diesem Gerät kann schwere Unfälle für Menschen und Tiere verursachen. Es ist keinesfalls ein „Bastelobjekt“ für Anfänger!
Transistorgeräte (UHF-Konverter, Reisesuper usw.) werden meist aus chemischen Stromquellen gespeist. Dies ist völlig ungefährlich, bringt jedoch manchmal einige Unannehmlich-

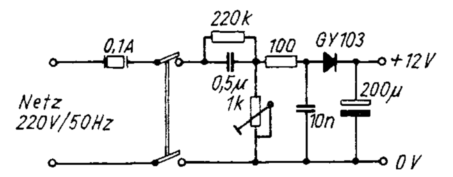


Bild 5.6 Netzteil für Transistorkleinstgeräte

keiten mit sich. So müssen die chemischen Stromquellen (Batterie, Monozellen) regelmäßig gegen neue Exemplare ausgewechselt werden. Ihre Lagerfähigkeit ist begrenzt, ihre Beschaffung zuweilen — besonders in kleinen Ortschaften — schwierig. Es liegt deshalb nahe, das betreffende Gerät aus dem Netz zu versorgen. Der in Bild 5.6 beschriebene Netzteil [42] für Transistorkleinstgeräte enthält keinen Netztransformator, ist folglich relativ preiswert, aber auch für den Besitzer (oder für fremde Personen) nicht ganz ungefährlich, wenn man nicht bestimmte Vorsichtsmaßnahmen trifft.
Zu diesen Vorsichtsmaßnahmen gehören: Einbau des Netzgerätes in ein Gehäuse (oft kann es in das zu versorgende Gerät mit eingebaut werden), keinesfalls ein „fliegender Aufbau" wie er im Entwicklungslaboratorium der Industrie oder beim Elektronikamateur so beliebt ist. Also, jede Berührung mit netzspannungsführenden Teilen ist auszuschließen!
Der 0,5-μF-Kondensator in der Schaltung muß die gesamte Netzspannung vertragen können. Er soll für mindestens 650 V Betriebsspannung dimensioniert sein.
Mit dem 1-kΩ-Potentiometer wird der korrekte Wert der Ausgangsspannung (12 V) eingestellt. Da die Ausgangsspannung stromabhängig ist, empfielt es sich, den beschriebenen Netzteil nicht für Gegentakt-B-Verstärker zu verwenden, da sein Strom stark mit der Aussteuerung schwankt.

5.7. Automatische Batterie-Netz-Umschaltung

Manche Geräte sind sowohl für Betrieb mit Batterien als auch am Netz vorgesehen. Oft sieht die Schaltung so aus: Bei Netz-

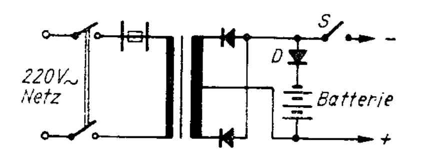


Bild 5.7
Automatische kontaktlose Batterie-Netz-Umschaltung für kleine Leistungen

ausfall schaltet ein Relais die Stromversorgung auf Batteriebetrieb um.
Das ist indessen nur bei großen Anlagen (vielleicht) notwendig. Bei kleineren Geräten läßt sich die Umschaltung auch kontaktlos realisieren, wie Bild 5.7 zeigt. Der Netzteil liefert eine Spannung von 10 V, die Batterie (6 Monozellen) hat eine Spannung von 9 V. Bei Netzbetrieb steht somit an der Anode der Diode D eine Spannung von 10 V, an der Katode eine Spannung von 9 V — es kann kein Strom durch die Diode D fließen, sie sperrt. Bei Netzausfall fehlt dann die Gegenspannung von 10 V an der Diodenanode. Es fließt ein „normaler" Strom aus der Batterie durch die Diode in das angeschlossene Gerät [43]. Dimensionierungsangaben können hier kaum gemacht werden, da sich der Diodentyp nach der Art des angeschlossenen Gerätes richtet und der Netzteil entsprechend bemessen werden muß. Eine niederohmige Siliziumdiode ist zu empfehlen; im vorliegenden Falle wäre der Typ *OA 900* angebracht.

5.8. Kurzschlußfester Gleichrichter*

Für manche Zwecke wird ein Netzteil benötigt, der zwar keine konstante Spannung abgibt bzw. Spannungsschwankungen ausregelt (geregelter Netzteil), aber dessen Ausgangsspannung ohne Beschädigung des Netzteiles kurzgeschlossen werden kann. Ein Beispiel für die Anwendungsmöglichkeit ist die elektrische Modelleisenbahn, bei der eine entgleisende Lokomotive fast immer einen Kurzschluß der Fahrspannung bewirkt.
Bild 5.8 zeigt den Stromlaufplan eines kurzschlußfesten Netzteiles [44].

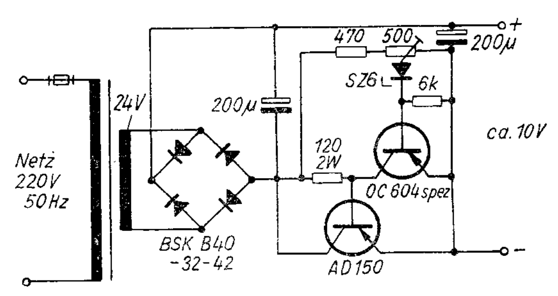


Bild 5.8 Kurzschlußfester Gleichrichter

Wirkungsweise

Bei „normaler" Last ist der Transistor *AD 150* geöffnet. Die negative Vorspannung, die an dem 500-Ω-Widerstand und dem 500-Ω-Potentiometer abfällt, ist zu gering, um den Transistor *OC 604 spez* zu öffnen. Erst bei Überlastung bzw. Kurzschluß des Ausgangs steigt der Spannungsabfall an den genannten Widerständen, so daß die Schleusenspannungen der Diode und des Transistors *OC 604 spez* überwunden wird: Der Transistor *OC 604 spez* zieht Strom, wodurch *AD 150* geschlossen wird. Erst beim Aufheben des Kurzschlusses bzw. der Überlastung tritt wieder der ursprüngliche Zustand ein, der Netzteil kann wieder Strom abgeben.
Die Bestückung: Für die Gleichrichter sind alle Selentypen entsprechender Belastbarkeit brauchbar. Auch die Si-Gleichrichter *SY 160* können verwendet werden. Für den Typ *OC 604 spez* ist unser *GC 301* einzusetzen, für den Typ *AD 150* unser *GD 240*, für die Diode *SZ 6* unsere *SZX 19/6,2*.

5.9. Überstromauslöser mit Thyristor

In Bild 5.9 wird ein Überstromauslöser mit einem Thyristor dargestellt, der für viele Zwecke verwendbar ist (Motorschutz z. B.). Seine Wirkungsweise:
Am Widerstand R fällt eine dem zu überwachenden Strom

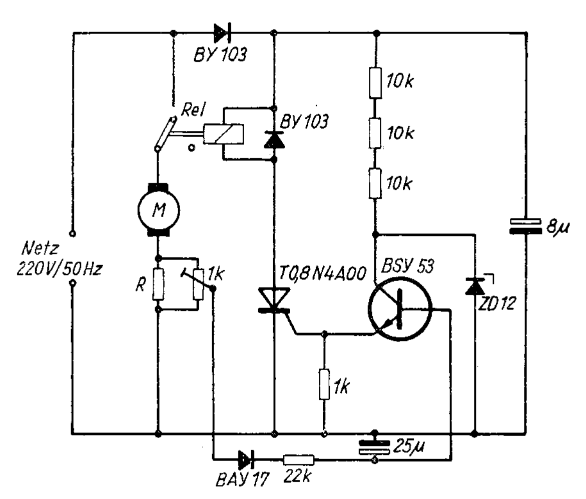


Bild 5.9 Thyristor-Überstromauslöser

proportionale Spannung ab. Ihr Wert ist in [45] wie folgt angegeben:
für Ströme von 0,5 A etwa 4 Ω;
für Ströme von 1 A etwa 2 Ω;
für Ströme von 2 A etwa 1 Ω.
An dem zu R parallelgeschalteten Potentiometer wird die auslösende Spannung genau eingestellt. Sie liegt in der Größenordnung von 2 V. Nach Gleichrichtung in *BAY 17* (hier ist unsere *OA 900* geeignet) gelangt die Spannung über ein RC-Glied (Zeitverzögerung) zur Basis von *BSY 53* (Austauschtyp *SF 024*). Sein Emitterstrom ruft an einem 1-kΩ-Widerstand einen Spannungsabfall hervor, der den Thyristor *T 0,8 N 4 AOO* (ersetzbar durch *ST 111/10*) zündet. Dessen Strom durchfließt ein Relais (Wechselstromschutz), das den zu schützenden Stromkreis unterbricht.
Eine zur Relaiswicklung parallelgeschaltete Diode *BY 103* (*SY 208*) schützt den Kreis vor Einschwing-Spannungsspitzen. Die Gleichrichtung der Betriebsspannung übernimmt wieder *BY 103 (SY 208)*, alle Widerstände sollen 1-W-Typen sein.

5.10. Elektronisch geregelter Netzteil mit Kaskadenregelung

Gelegentlich reicht der Regelfaktor des geregelten Netzteiles nicht aus, beispielsweise in den Fällen, in denen es auf eine von Netzspannungsschwankungen unabhängige Ausgangsspan-

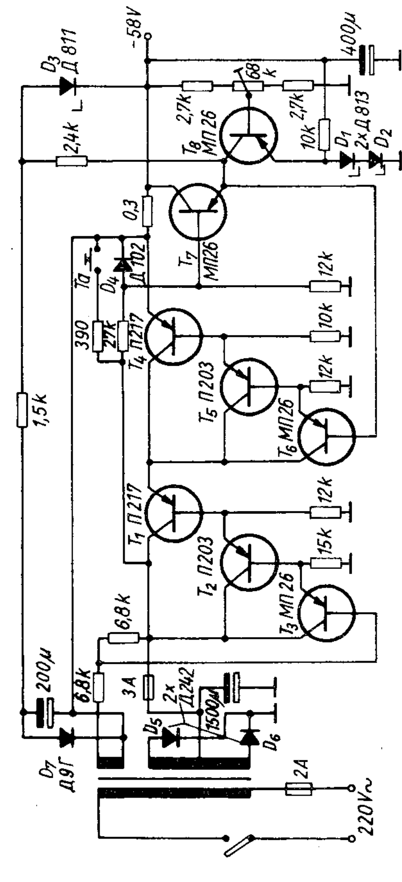


Bild 5.10 Regelnetzgerät mit Kaskadenregelung

nung ankommt. In derartigen Fällen hilft eine Kaskadenschaltung zweier Regler, wie sie Bild 5.10 nach einem sowjetischen Schaltungsvorschlag [46] zeigt.
Die Wirkungsweise des Gerätes ist leicht zu verstehen. Die Transistoren T1 ... T3 und T4 ... T6 bilden jeweils eine Regelkaskade. Nur T1 und T4 sind die Regeltransistoren, die jeweils von einem zweistufigen Verstärker gesteuert werden. T7 und T8 bilden eine elektronische Sicherung, die man mit der Taste Ta „zurückstellen“ kann.
Bei uns erhältliche Bauelemente sind:
T1 und T4 möglichst ein Importtransistor, der ein $I_{C\ max}$ von 7,5 A verarbeiten kann (oder ein *4 NU 74* bzw. *5 NU 74* für 15 A),
T2 und T5 ein *GD 125* oder *GD 130*,
T3 ... T8 ein *GC 123*,
D1 und D2 eine Z-Diode *SZX 19/12* oder *SZX 18/12*,
D3 eine Z-Diode *SZX 19/11*,
D4 eine *GA 104*,
D5 und D6 eine *GY 123*,
D7 eine *OA 901*.
Der Netzteil ist für eine Spannung (58 V) ausgelegt, die wohl in den seltensten Fällen erforderlich sein wird. Es ist aber dem etwas versierteren Amateur leicht möglich, das beschriebene Gerät auch für eine kleinere Ausgangsspannung auszulegen. Hier kam es darauf an, die Kaskadenregelung im Netzgerät zu zeigen.

6. Schaltungen aus der Meßtechnik

6.1. Tastkopf für Gleichspannung*

Tastköpfe werden in der Meßtechnik benutzt, um eine HF-Spannung an einem Bauelement abzugreifen und einem Röhrenvoltmeter bzw. Oszillografen zuzuführen. Aber auch zum Messen einer Gleichspannung kann ein geeigneter Tastkopf nützlich sein: Sein hochohmiger Eingangswiderstand belastet das Meßobjekt nicht, die gemessene Spannung wird im Verhältnis 1:1 mit niedriger Impedanz transformiert. Die so gewonnene niederohmige Spannung ist unempfindlich gegen Brumm- und HF-Spannungseinstreuungen.
Bild 6.1 zeigt den Stromlaufplan eines Tastkopfes für Gleichspannung [47]. Sein Eingangswiderstand liegt bei $10^9\,\Omega$, seine Spannungsverstärkung ist nahezu 1. Die vorgeschlagene Bestückung mit DDR-Transistoren: *SF 122* für *2 N 3707*, *SF 122* für *2 N 2926*, *GF 181* für *2 N 3702*. Allerdings kann es durch den Austausch notwendig sein, daß die Basisvorwiderstände besonders der beiden Transistoren *2 N 3702* zu erniedrigen sind. Das im Schaltbild nicht dimensionierte RC-Glied dient

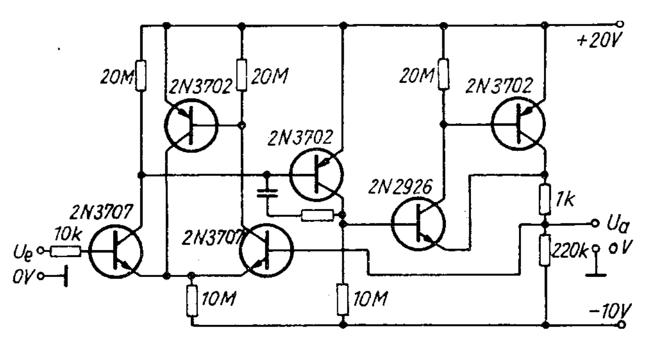


Bild 6.1 Hochohmiger Gleichspannungs-Tastkopf

der Unterdrückung eventueller HF-Einstreuungen. Der gesamte Tastkopf ist gut abgeschirmt zu montieren. Ein enges Zusammenfügen der Teile bleibt unkritisch, da keine Koppelgefahr besteht.

6.2. Interessanter RC-Phasenschieberoszillator

Phasenschiebergeneratoren sind als einfache Festfrequenzgeneratoren den Fachleuten und Amateuren hinreichend bekannt. Neu ist jedoch die in Bild 6.2 gezeigte Generatorschaltung [48], die zwischen 20 ... 20 000 Hz abstimmbar ist (Bereiche: 20 ... 200 Hz, 200 Hz ... 2 kHz und 2 ... 20 kHz). Die Ausgangsspannung kann stufenlos eingestellt werden und ist außerdem in drei Stufen (0,5 V, 50 mV und 5mV) wählbar. Der Klirrfaktor beträgt < 2 %, die Amplitudenschwankung bei der Abstimmung 10 %. Der Generator nimmt aus der 4,5-V-Flachbatterie etwa 2 mA auf.
Der Ersatz der Halbleiterbauelemente des Generators durch DDR-Produkte ist nicht einfach. Bei den Transistoren gibt es keine Schwierigkeiten. Alle drei *ГТ 309* können durch *GF 128* ausgetauscht werden. Schwieriger ist es bei den Halbleiterdioden. Zwar entsprechen etwa der Д *220 A* unsere *GA 102/GA 103*, der Д *104 A* unsere *GA 104* und der Д *106* unsere *GA 100/GA 101*, doch kommt es auf die Kennlinien der Dioden an. Die Д *220* ersetzt man einfach durch unsere *GA 102*.

6.3. Vergleich verschiedener RC-Generatoren mit einem Transistor*

In einer interessanten Untersuchung aus der Sozialistischen Republik Rumänien [49] werden verschiedene Oszillatorschaltungen mit RC-Gliedern und einem Transistor verglichen. In Bild 6.3 a wird ein Phasenschieberoszillator mit Hochpaßglied, in Bild 6.3 b ein solcher mit Tiefpaßglied gezeigt. Man beachte, daß in beiden Fällen verschiedene Gleichungen

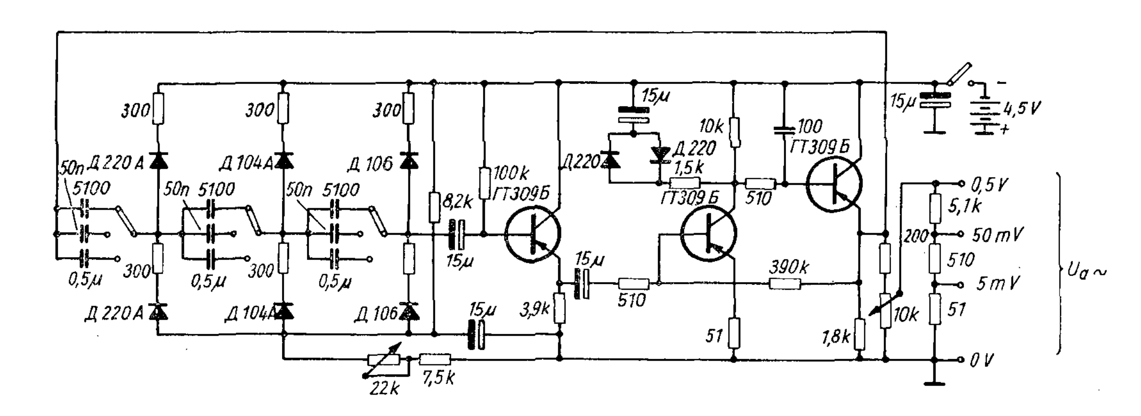
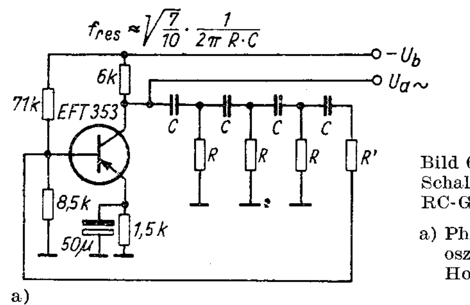


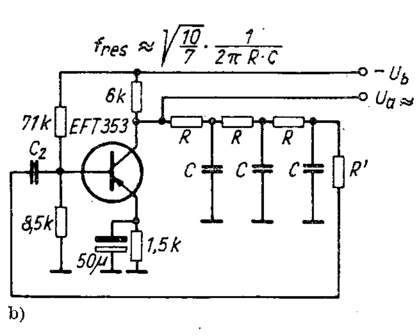
Bild 6.2 Vom Konventionellen abweichender RC-Phasenschieberoszillator



a)

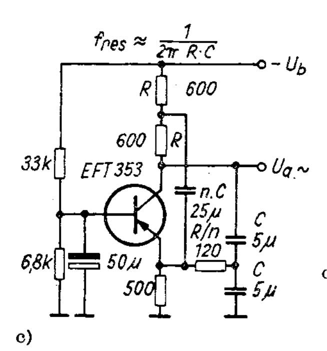
Bild 6.3
Schaltungen von RC-Generatoren:

a) Phasenschieberoszillator mit Hochpaßglied;



b)

b) Phasenschieberoszillator mit Tiefpaßglied;



c)

c) RC-Oszillator mit modifiziertem Doppel-T-Glied

für die Resonanzfrequenz gelten! In Bild 6.3 c schließlich ist der Stromlaufplan eines RC-Oszillators mit modifiziertem Doppel-T-Glied zu sehen. Die in Bild 6.3 c dimensionierten Werte gelten für $f_{res} = 50$ Hz.
Der in allen hier gezeigten Oszillatoren verwendete Transistor *EFT 353* kann in dem 50-Hz-Oszillator gegen unseren *GC 116 ... GC 118* ausgetauscht werden. U_b beträgt 13,5 V (9 Monozellen in Reihe).
Beim Vergleich der verschiedenen Oszillatorschaltungen schneidet der Doppel-T-Oszillator am günstigsten ab: Er ist sehr frequenzstabil. Beim Absinken der Batteriespannung auf 10 V ($\approx$ 25 %) sinkt die 50-Hz-Frequenz nur um etwa 0,35 Hz ($\approx$ 0,7 %) ab. Für Oszillatoren, bei denen es auf genaue Einhaltung der Frequenz ankommt, ist also der Doppel-T-Typ zu empfehlen.
Eine Bemerkung noch zu den gezeigten Phasenschieberoszillatorschaltungen: Der Widerstand R′ bildet mit dem Eingangswiderstand des Transistors einen Spannungsteiler. Er ist so groß zu wählen, daß der Oszillator noch mit Sicherheit anschwingt. Je größer R′ ist, um so geringer sind die nichtlinearen Verzerrungen! C2 in Bild 6.3 b wird möglichst groß (für die betreffende Oszillatorfrequenz) gewählt.
Natürlich sind die gezeigten Oszillatorschaltungen nur Beispiele. Der etwas erfahrene Elektronikamateur kann sie leicht variieren und seinen jeweiligen Erfordernissen anpassen.

6.4. *Wien*-Brückengenerator mit Feldeffekttransistoren

Bild 6.4 zeigt eine nicht alltägliche Schaltung für einen *Wien*-Brückengenerator [50]: Der Eingang des Oszillators ist hochohmig (Feldeffekttransistor!), was günstige Werte für die frequenzbestimmenden Kondensatoren (100 pF ... 0,1 μF) und Widerstände (100 kΩ) erlaubt. Die beiden folgenden Verstärkerstufen sind Bipoltransistoren, wobei der pnp-Siliziumtyp T2 ein Problem für den DDR-Amateur ist. Da derartige Transistoren zur Zeit nicht im Fertigungsprogramm unserer

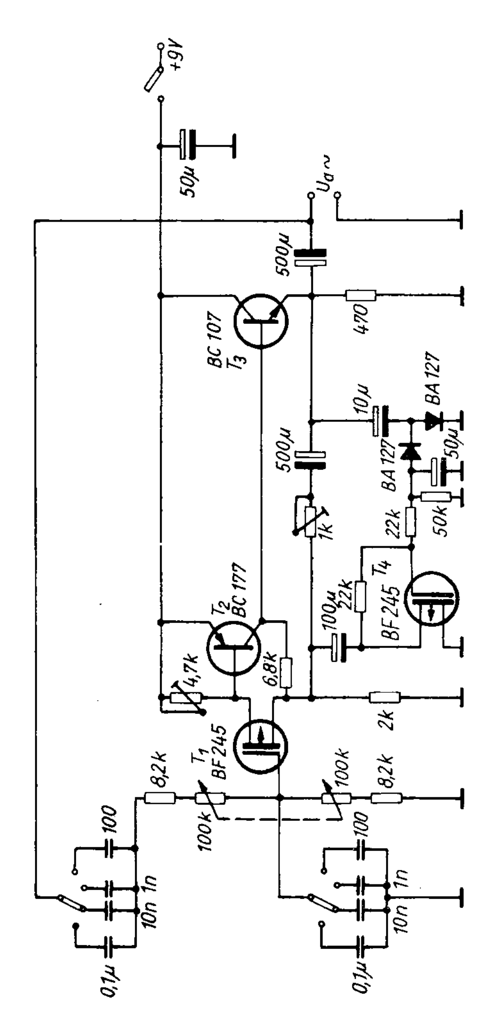


Bild 6.4 *Wien*-Brückengenerator mit Feldeffekttransistoren

Industrie sind, muß man entweder auf einen Importtransistor (s. Abschnitt 1.3) zurückgreifen oder einen Germaniumtransistor (z. B. *GF 100*) verwenden.
Von besonderem Interesse ist der zweite Feldeffekttransistor (T4) der Schaltung: Er wirkt als steuerbarer Widerstand im Gegenkopplungszweig. Gegenüber den sonst üblicherweise eingesetzten Glühlämpchen ist er bedeutend hochohmiger. Er wird von der Gleichspannung gesteuert, die bei der Gleichrichtung in den beiden Dioden *BA 127* entsteht und wirkt so auf die Gegenkopplung amplitudenabhängig ein.
Vorgeschlagene DDR-Bauelemente für den Generator: *SM 103* oder *SM 104* für *BF 245*, *SC 206* für *BC 107*; für *BC 177* eine der beiden erwähnten Lösungen, für *BA 127* unsere *OA 902*. Der Generator überstreicht (mit den in Bild 6.4 gezeigten Werten) den Frequenzbereich 20 Hz ... 200 kHz; über den Klirrfaktor lagen in der Originalveröffentlichung keine Werte vor.

6.5. Volt-Ohmmeter mit Feldeffekttransistoren

Ein einfaches Meßgerät (Bild 6.5 zeigt den Stromlaufplan) mit zwei Feldeffekttransistoren stammt aus der Amateurliteratur der UdSSR [51]. Als Voltmeter wird ein Teil der Meßspannung einer Brücke mit zwei Feldeffekttransistoren zugeführt. Der Eingangswiderstand beträgt 10 MΩ! Als Ohmmeter wird dem Eingang eine Gleichspannung zugeführt, die von dem unbekannten Widerstand (dem Meßobjekt) mehr oder weniger gedämpft wird. Drei Potentiometer erlauben die Einstellungen: Nullpunkt, Empfindlichkeit und Widerstandsabgleich. Natürlich ist die Genauigkeit des Meßgeräts abhängig von der Genauigkeit der Widerstände im Eingangsspannungsteiler.
Das Gerät ist im Original mit p-Kanal-Feldeffekttransistoren bestückt (alle bis Ende 1971 bekannt gewordenen FETs aus der UdSSR sind p-Kanal-Typen). Da unsere Industrie nur n-Kanal-FETs herstellte, ist meist Umpolung der Speisespannungsquelle erforderlich! Auch die Z-Diode vor der Torelek-

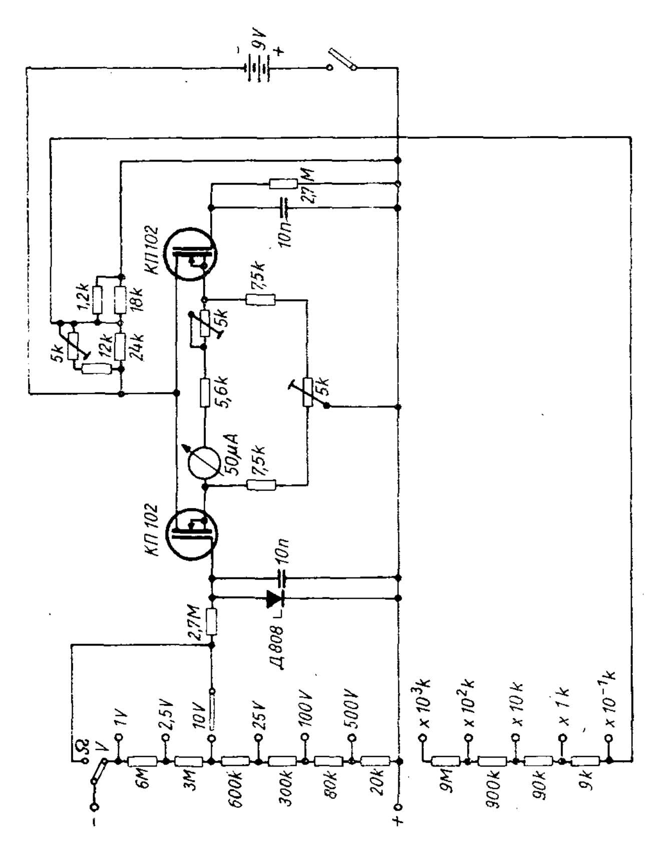


Bild 6.5 Volt-Ohmmeter mit Feldeffekttransistoren

trode des einen FET (sie schützt den hochohmigen Eingang gegen Überspannungen) muß dann umgepolt werden, genau wie die Meßspannung. Die Z-Diode wird durch unsere *SZX 18/8,2* ersetzt.

Das kleine Meßgerät nimmt aus einer 9-V-Batterie einen Strom von 1,6 mA auf.

6.6. Hochohmiger Tastkopf mit Feldeffekttransistor*

Der hochohmige Eingangswiderstand des FET kann benutzt werden, um hochohmige Tastköpfe für Millivoltmeter, Oszillografen usw. zu bauen. Bild 6.6 zeigt den Stromlaufplan eines derartigen Tastkopfes [52]. Der Eingang eines *BFW 11*, ersetzbar durch unseren *SM 103/SM 104*, ist durch zwei Dioden *BAY 38* gegen Übersteuerungen geschützt. Sie können durch den Typ *SAY 10* ersetzt werden, der Siliziumtransistor *BC 179* durch unseren Germaniumtransistor *GC 121*.
Sollte allerdings eine hohe Grenzfrequenz des Tastkopfes erwünscht sein, so ist ein HF-Transistor vorzuziehen.
Der Schutz der hochohmigen Gate-Elektrode durch zwei Dioden gilt ganz allgemein. Es ist jedoch zu beachten, daß sie mit umgekehrter Polarität (umdrehen) bei p-MOSFET geschaltet sein müssen.

6.7. Millivoltmeter für Wechselspannungen*

Millivoltmeter für Wechselspannungen (Breitbandverstärker mit anschließender Gleichrichtung und Anzeige der auf diese Weise gewonnenen Gleichspannung) sind für den Fachmann und den Elektronikamateur, die sich mit elektronischen Geräten befassen, gleichermaßen interessant. Bild 6.7 zeigt den

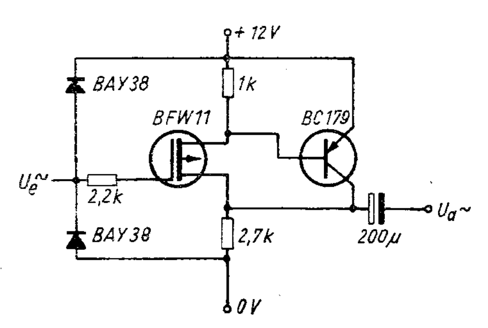


Bild 6.6 Hochohmiger Tastkopf mit Feldeffekttransistor

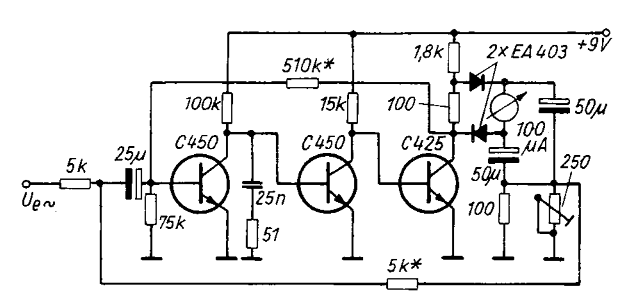


Bild 6.7 Verstärker für Wechselspannungs-Millivoltmeter

Stromlaufplan eines derartigen Millivoltmeters ohne den geeichten Eingangsspannungsteiler, der keine besonderen Schaltungseinzelheiten bietet [53]. Die Meßspannung gelangt zur Basis eines Transistors *C 450* (Austauschtyp: *SF 126*). Im Kollektorkreis liegt ein RC-Glied zur Dämpfung der hohen Frequenzen (abgleichen!). Es folgen ein zweiter *C 450* (Austauschtyp: *SF 126*) und ein *C 425* (Austauschtyp: *SF 127*). Die Gleichrichtung besorgen zwei Dioden vom Typ *EA 403* (etwa *SAY 11*), die Anzeige erfolgt an einem Drehspulinstrument mit 100 µA Vollausschlag. Mit dem 5-kΩ-Widerstand im Wechselstrom-Gegenkopplungszweig wird die Verstärkung grob abgeglichen, der Feinabgleich erfolgt durch das 250-Ω-Potentiometer. Auch der 510-kΩ-Widerstand muß abgeglichen werden, mit ihm wird der beste Arbeitspunkt des ersten Transistors eingestellt (und aller weiteren, denn der Verstärker ist galvanisch gekoppelt). In der Primärliteratur werden für den Verstärker ein Frequenzbereich von 5 Hz ... 100 kHz und eine Empfindlichkeit (für Vollausschlag) von 50 mV angegeben.

6.8. Klirrarmer Modulator für Meßzwecke

Ein äußerst einfacher Meßmodulator (Bild 6.8) stammt aus der US-amerikanischen Fachliteratur [54]. Er enthält lediglich eine Siliziumdiode *1 N 4148* (durch unsere *SAY 10* zu ersetzen) und zwei 10-kΩ-Widerstände.

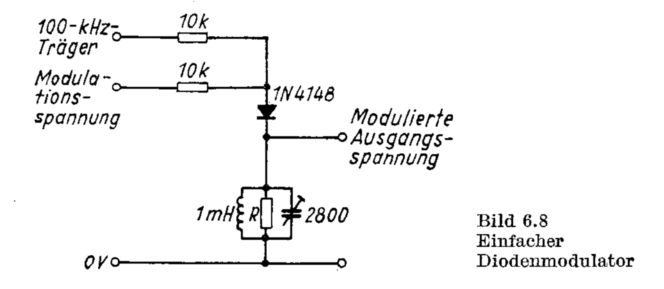


Bild 6.8
Einfacher
Diodenmodulator

Der Schwingkreis ist für etwa 100 kHz ausgelegt und durch den Widerstand R bedämpft, damit die Seitenbänder ohne nennenswerte Dämpfung übertragen werden. Die Originalschaltung ist mit einer 885-Hz-Sinusschwingung und mit einem Dreieckimpuls moduliert. Die Verzerrungen der modulierten Spannung bei m = 0,95 betragen maximal 3 %.

6.9. Durchgangsprüfer für empfindliche Schaltungen*

Durchgangsprüfer aller Arten („Schnarre", „Klingel", „Zappelmax" usw.) sind notwendig, um die Verdrahtung von Geräten und Anlagen zu überprüfen — kaum ein Monteur kommt z. B. ohne diese primitive, aber zuverlässige Prüfeinrichtung aus. Meist besteht sie aus der Reihenschaltung einer Flachbatterie („Taschenlampenbatterie") und einer Schnarre, Klingel oder Glühlampe. Die beiden freien Enden der Reihenschaltung sind die Prüfschnüre: Besteht zwischen den von ihnen angetasteten Kontakten leitende Verbindung, so ertönt die Schnarre bzw. Klingel, oder die Lampe leuchtet auf.
Im Zeitalter der Transistoren (und erst recht der Integrierten Schaltkreise!) bewährt sich der konventionelle Durchgangsprüfer nicht: Seine Spannung bzw. sein Kurzschlußstrom beschädigen unter Umständen Emitter-Basis-Strecken oder pn-Übergänge in Integrierten Schaltkreisen. Bedenken Sie bitte, daß die Emitter-Basis-Strecke von Germanium-Mesa- oder Legierungs-Diffusionstransistoren nur 0,3 V (maximal) verträgt!

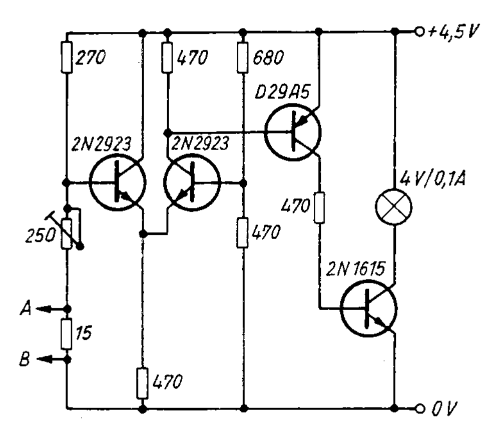


Bild 6.9 Durchgangsprüfer für empfindliche Schaltungen

Mit der in Bild 6.9 gezeigten Durchgangsprüferschaltung [55] können empfindliche Schaltungen gefahrlos überprüft werden. Die Leerlaufspannung zwischen den Punkten A und B (an denen die Prüfspitzen angeschlossen werden) beträgt nur etwa 150 mV. Der Kurzschlußstrom beider Punkte ist maximal 10 mA. Die Stromversorgung erfolgt durch eine 4,5-V-Flachbatterie. Die Stromaufnahme bei offenen Klemmen A und B ist 35 mA. Die Bestückung mit DDR-Transistoren: *SC 206* für *2 N 2923*, *GC 121* für *D 29 A 5*, *SF 126* oder *SF 127* für *2 N 1615*. Die Glühlampe ist vom Typ 4 V/0,1 A und kann durch eine Schnarre oder Klingel ersetzt werden. Dann allerdings muß man an Stelle des Transistors *2 N 1615* einen Leistungstransistor einsetzen, dessen Kollektorstrom dieser Belastung gewachsen ist.

6.10. Generator für Dreieck- und Rechteckimpulse

Für viele Aufgaben der elektronischen Meßtechnik sind Impulsgeneratoren unentbehrlich. So gibt, um nur ein Beispiel zu nennen, die auf einem Oszillografenschirm sichtbare Verfor-

mung eines Impulses Auskunft über bestimmte Eigenschaften des Verstärkers, der diese Verformung bewirkt hat. Allerdings sind Impulsgeneratoren meist aufwendig, und der Elektronikamateur scheut deshalb ihren Aufbau.

Eine einfache Schaltung eines Impulsgenerators, der sowohl Dreieck- als auch Rechteckimpulse erzeugt, entstammt der US-amerikanischen Fachpresse und ist in vielen Ländern nachgebaut worden [56].

Bild 6.10 zeigt die Schaltung. Mit dem Kondensator C der Schaltung läßt sich die Frequenz (zwischen 0,01 Hz und $2 \cdot 10^5$ Hz) bestimmen, die mit R1 fein eingestellt wird. R2 regelt die Ausgangsspannung bzw. hat Einfluß auf die Kurvenform des Impulses.

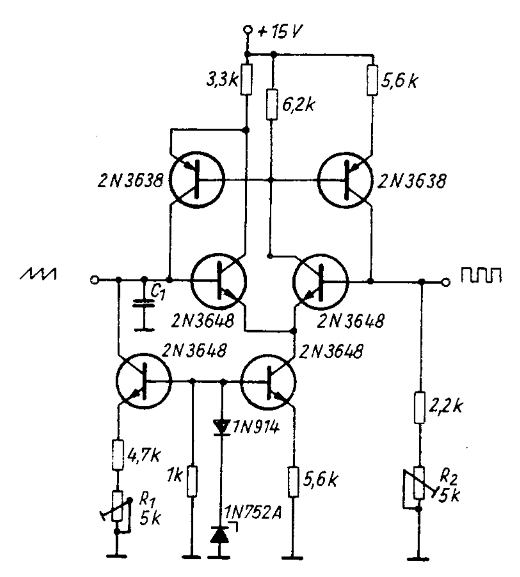


Bild 6.10 Impulsgenerator für Dreieck- und Rechteckimpulse

Für den Elektronikamateur der DDR empfiehlt sich folgende Bestückung:
GF 130, GF 131 für *2 N 3638,*
SF 126 für *2 N 3643,*
GA 100 für *1 N 914,*
SZX 18/5,6 oder *SZX 19/5,6* für *1 N 752 A.*

6.11. Elektronischer Umschalter für Oszillografen

Um zwei Meßspannungen gleichzeitig auf dem Schirm eines Oszillografen abbilden zu können, benötigt man entweder einen Zweistrahloszillografen oder einen Einstrahloszillografen mit einem elektronischen Umschalter der Meßspannung. Bild 6.11 zeigt den Stromlaufplan eines derartigen elektronischen Umschalters [57]:
Die Meßspannungen werden über ein in Bild 6.11 nicht gezeigtes Dämpfungsglied der Basis von T1 bzw. T5 zugeführt. Durch die *Darlington*-Schaltung mit jeweils den Transistoren T2 ... T3 und T5 ... T7 ist der Eingangswiderstand der Meßverstärker sehr groß (einige hundert MΩ). Dafür ist die Spannungsverstärkung praktisch gleich 1. Es folgen als Kollektorstufen T4 und T8, die auf einem gemeinsamen Außenwiderstand (3,3 kΩ) arbeiten. Ihre Basiselektroden werden von einem Multivibrator abwechselnd geschaltet. Dieser emittergekoppelte Multivibrator schwingt auf 80 Hz, 800 Hz oder 80 kHz, je nach eingeschalteter Kapazität (S2). Ein Synchronisationsverstärker (T9) erlaubt, den Oszillografen entweder mit der einen oder anderen Meßspannung zu synchronisieren (S 1).
Alle Transistoren der Schaltung (13 Stück) sind vom Typ *BC 109,* dem unser *SC 206* weitgehend entspricht. Die Dioden sind alle vom Typ *1 N 4154,* die unsere *SAY 11* ersetzen kann. Der Aufwand der Schaltung ist ziemlich groß, dafür handelt es sich aber um ein hochwertiges Gerät. Die Grenzfrequenz der Meßspannung liegt bei 15 MHz.
Mit einem 1,5-kΩ-Potentiometer werden beide Meßspannungen „symmetriert", d. h. in richtigem Abstand untereinander auf dem Oszillografenschirm eingestellt.

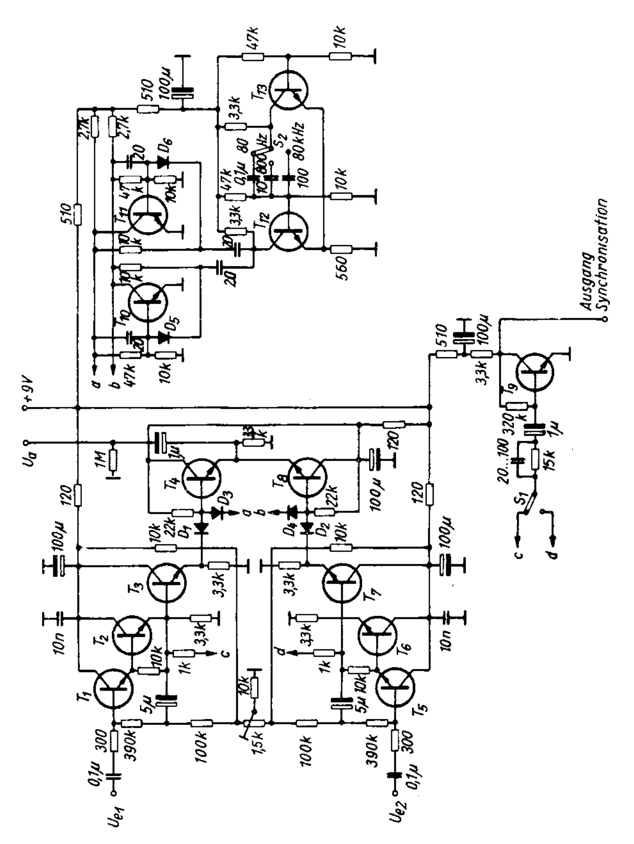


Bild 6.11 Elektronischer Umschalter für Einstrahloszillografen

6.12. Interessantes Universalmeßgerät

Aus der UdSSR stammt die Schaltung eines interessanten Universalmeßgeräts [58] in Bild 6.12. Hier wird die Meßspannung (Gleichspannung!) dazu benutzt, die Sperrschichtkapazität einer Z-Diode zu verändern. Da diese Sperrschicht-

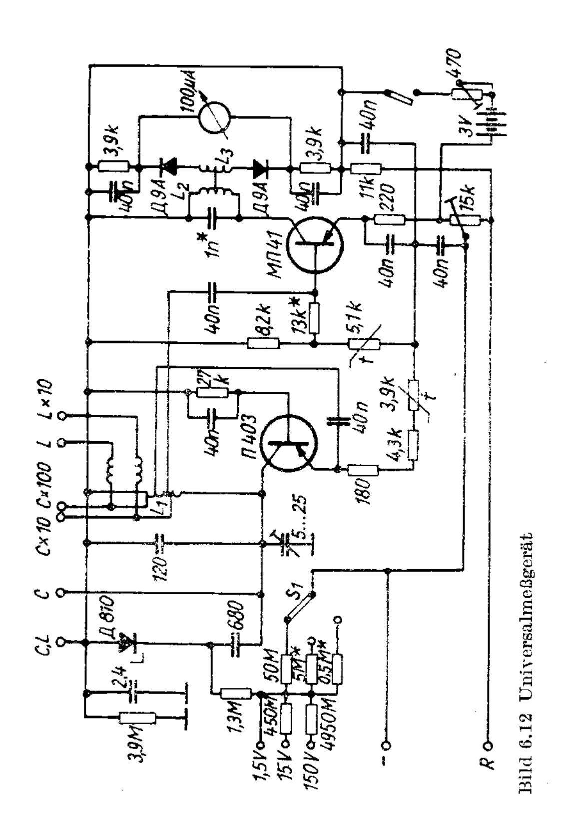


Bild 6.12 Universalmeßgerät

kapazität als frequenzbestimmender Kondensator in einem Oszillator liegt, ist die entstehende Frequenzabweichung des Oszillators der Gleichspannung proportional. Sie wird von einem auf die Sollfrequenz abgestimmten Diskriminator erfaßt und an einem Meßinstrument angezeigt. Das Gleichspannungsvoltmeter ist sehr hochohmig, da ein großer Prozentsatz der Z-Dioden-Sperrwiderstände von der Größenordnung 10 ... 40 GΩ haben. Die verwendete Z-Diode Д *810* entspricht weitgehend unserer *SZX 19/10* und die Transistoren П *403* unserem *GF 128*, der Transistor П *41* unserem *GF 100*.

Die Thermistoren zur Temperaturkompensation der Anzeige (Z-Dioden sind temperaturabhängig!) muß man aus dem Programm des Kombinats VEB *Keramische Werke* Hermsdorf aussuchen (etwa *TNK 3,9—10* und *TNK 4,7—10*).
Mit dem beschriebenen Universalmeßgerät können auch C (3 Meßbereiche), L (2 Meßbereiche) und R gemessen werden. Die Diskriminatordioden *Д 9А* können durch unser Ge-Diodenpaar *2 GA 109* oder ähnliche ersetzt werden (Typ nicht kritisch, doch müssen die Kennlinien beider Dioden weitgehend übereinstimmen).

7. Schaltungen der allgemeinen Elektronik

7.1. Zwei Klingelsignale über eine Leitung*

In Wohnhäusern oder Wohnungen mit mehreren Mietparteien ist oft nur eine einzige Klingel vorhanden. Um unterscheiden zu können, wem ein Klingelsignal gilt, findet man Schilder wie „Lehmann bitte 1 × läuten“, „Krause bitte 2 × läuten“. Das bringt natürlich einige Unannehmlichkeiten mit sich. Mit vier Halbleiterdioden lassen sich jedoch zwei unterschiedliche Klingelsignale über *eine* Leitung übertragen, ohne daß der nicht gerufene Mieter den (nicht für ihn bestimmten) Klingelruf überhaupt hört! Bild 7.1 zeigt die einfache Schaltung [59].

Die Speisung der Anlage erfolgt mit Wechselstrom (8-V-Klingeltrafo). Klingel „A“ erhält infolge der Diode in Reihe mit dem Klingelknopf „A“ nur die negativen Halbwellen der Wechselspannung zugeführt, Klingel „B“ ist durch eine parallel geschaltete Diode kurzgeschlossen. Wird Klingelknopf

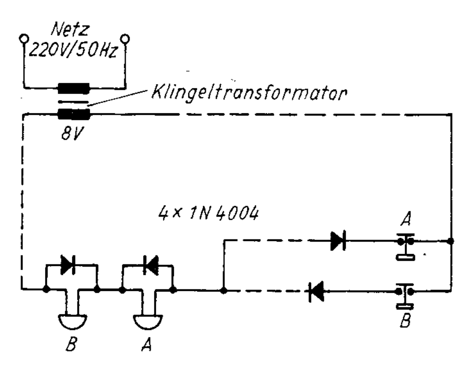


Bild 7.1 Schaltung für Übertragung zweier unterschiedlicher Klingelsignale über eine Leitung

„B“ gedrückt, ist es genau umgekehrt. Klingel „B“ spricht nur auf die positiven Halbwellen der Wechselspannung an, Klingel „A“ ist jedoch durch eine Diode kurzgeschlossen! Als Dioden eignen sich (an Stelle der im Original verwendeten *1 N 4004*) die DDR-Typen *OA 900* oder *GY 109*, notfalls sind mehrere Dioden parallel zu schalten. Da der Aufwand dieser einfachen Schaltung zu groß sein würde, kann man auch auf einen möglichst großflächigen Selengleichrichter (1 Element genügt!) zurückgreifen.
Die Schaltung beweist, daß man mit Halbleiterdioden ausgeklügelte Schaltungen aufbauen kann, nur — Ideen muß man haben!

7.2. Lichtschrankenempfänger mit *Schmitt*-Trigger*

Viele Lichtschranken sollen bei Lichteinfall einen Schalter bzw. ein Relais steuern. Hierzu dient ein *Schmitt*-Trigger, der beim Überschreiten einer bestimmten Spannung „umkippt“ (Bild 7.2) [60].
Für die Fotodiode können die DDR-Typen *GP 119 ... GP 122* verwendet werden, für den Transistor *2 N 2484* ein *SC 206* oder *SF 023*, für den Transistor *2 N 2219* ein *SC 206, SF 126* oder *SF 137*.
Anwendungsgebiet der Schaltung: als Lichtschrankenempfänger in automatischen Parkleuchten, Kellnerschranken, Sicherheitsvorrichtungen an Schlagscheren usw.

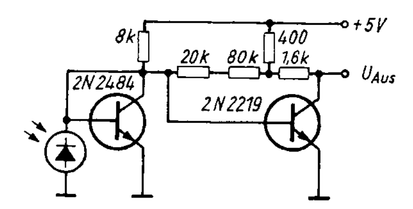


Bild 7.2
Lichtschrankenempfänger mit Schmitt-Trigger

7.3. Multivibrator mit großer Verzögerungszeit

In Kippschaltungen bestimmt sich die Zeitkonstante meist durch ein oder mehrere RC-Glieder. Bei großen Verzögerungszeiten wird das Produkt RC so groß, daß ihr einwandfreies Arbeiten nicht mehr gewährleistet ist. Hiervon sind Transistorschaltungen besonders betroffen, da Transistoren (außer FETs) einen relativ geringen Eingangswiderstand haben — im Gegensatz zu Elektronenröhren. Man muß gewisse „Kunstschaltungen" anwenden, um große Zeitkonstanten zu erhalten. Bild 7.3 zeigt eine derartige Schaltung [61]: T2 und T3 bilden eine monostabile Multivibratorschaltung. T2 erhält jedoch nicht seinen Basisstrom — wie üblich — über einen Widerstand zum negativen Pol der Speisespannung zugeführt, sondern über einen Transistor (T1). Erst ein RC-Glied im Basiskreis von T1 (R1, C1) bestimmt die Zeitkonstante des Multivibrators. Die Diode D1 verhindert eine Beeinflussung der Schaltzeit durch den Sperrstrom von T1. Mit den gewählten Werten von R1 und C1 (im Bild 7.2) ergibt sich eine Einschaltdauer des Relais von etwa 20 s. Andere Dimensionierungen sind möglich. Zur Bestückung mit DDR-Halbleiterbauelementen: *GC 122* an Stelle des *AC 122/30*, *GC 123*, eventuell *GC 122* für *AC 124*, *OA 900* für *AA 134*, *GA 104* für *AA 132*, *GA 101* (o. ä.) für *OA 128*. Das Relais im Kollektorkreis von T3 soll für etwa 24 V, 30 mA ausgelegt sein.

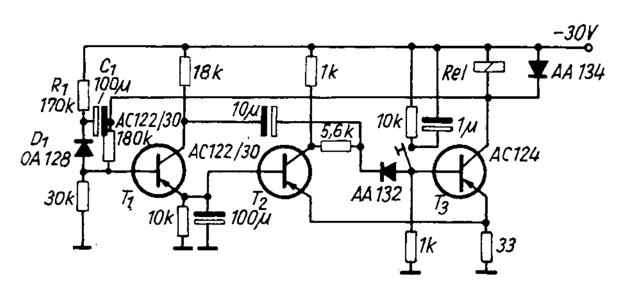


Bild 7.3 Multivibrator mit großer Verzögerungszeit

7.4. Zeitrelais mit großer Verzögerungszeit

Bild 7.4 zeigt den Stromlaufplan eines Zeitverzögerungsschalters („Elektronische Belichtungsuhr"), der keine Spezialteile (Feldeffekttransistoren, Unijunktionstransistoren) benötigt [62] und daher vom Amateur leicht nachgebaut werden kann.

Mit Brücken über die Verbindung 1 ... 10 kann die Entladezeit von T1 eingestellt werden. Die längste Verzögerungszeit beträgt etwa 15 min, die kürzeste 1 min. Kritisch sind der Kondensator C1 (330 μF), der nur einen sehr geringen Reststrom haben darf, und der Transistor T1, der eine hohe Stromverstärkung (400!) und einen geringen Reststrom I_{CBO} ($5 \cdot 10^{-6}$ A bei $U_{CE} = 10$ V und Zimmertemperatur) aufweisen muß.

Für die Transistoren wird empfohlen:

Für *2 N 2484* der *SC 206*, für *2 N 1613* der *SF 021* (o. ä.), für *2 N 744* der *SS 109*, für *2 N 995* der *GC 116* (oder ein importierter Si-pnp-Transistor, Typ nicht kritisch), für die Dioden unsere *SAY 10 ... SAY 16.*

Nach Aufhebung des Kurzschlusses (gestrichelt gezeichnet in Bild 7.4) lädt sich C1 wieder auf (in etwa 10 s) und entlädt

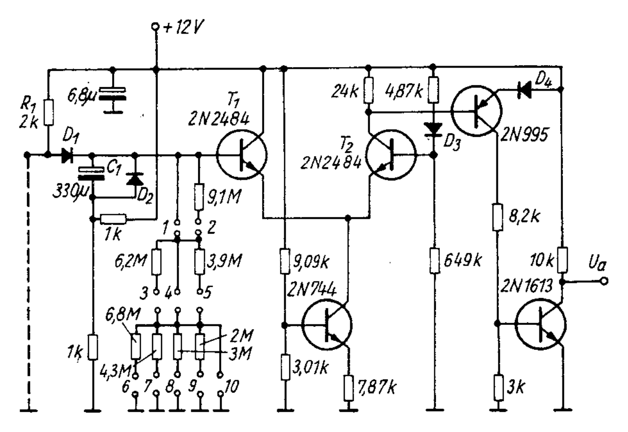


Bild 7.4 Elektronisches Langzeitrelais

sich in den durch die Kurzschlußbrücken eingestellten Entladewiderstand D1 verhindert die Entladung durch R1. Die Dioden D1 und D2 müssen einen sehr hochohmigen Sperrwiderstand haben, da sie sonst bei der längeren Entladezeit diese merklich beeinflussen.

7.5. Belichtungsuhr für mittlere Zeiten*

Bild 7.5 zeigt den Stromlaufplan einer elektronischen Belichtungsuhr für mittlere Zeiten (1 ... 80 s). Die Zeiteinstellung wird mit dem 10-MΩ-Potentiometer vorgenommen. Die äußerst einfach aufzubauende Schaltung [63] enthält ein Relais (etwa 1700 Ω Wicklungswiderstand), mit dem die Glühlampen für die Belichtung geschaltet werden.
Für die Bestückung mit DDR-Bauelementen wird geraten: *SC 206* für den ersten *BCY 58*, *SF 021* (o. ä.) für den zweiten *BCY 58* (er muß einen Kollektorstrom vertragen, der das Relais betätigt!), *SAY 10 ... SAY 16* für die Diode *BAY 44* vor der Basis des ersten *BCY 58*, *OA 903 ... OA 904* für die Diode *BAY 44* parallel zur Relaiswicklung.
Ein Vorteil der Schaltung ist, daß das zeitbestimmende RC-Glied einen MP-Kondensator (12 μF) enthält. Dieser hat bekanntlich einen großen und zeitlich sehr konstanten Isola-

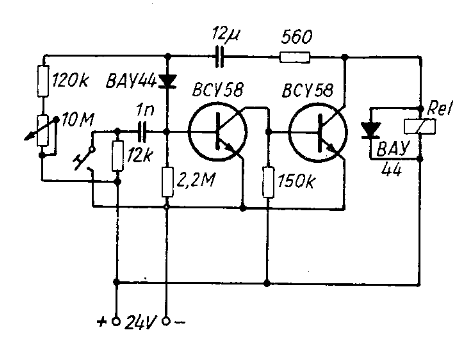


Bild 7.5 Elektronisches Relais für mittlere Zeiten

tionswiderstand. Die Zeiten für den Relaisanzug können deshalb auf der Frontplatte am Potentiometer markiert werden. Sie gelten dann für lange Zeit.

7.6. Warnanlage für vergeßliche Kraftfahrer*

Oft kommt es vor, daß beim Parken vergessen wurde, die Scheinwerfer des Autos abzuschalten. Eine kleine Schaltung (Bild 7.6) soll den vergeßlichen Kraftfahrer erinnern:
Wurde das Zündschloß geöffnet (d. h. die Zündung abgestellt) und der Lichtschalter Sch jedoch geschlossen gelassen, so beginnt der Multivibrator mit den beiden Transistoren *AC 106* zu schwingen; aus dem Lautsprecher des Autoradios ertönt ein nicht zu überhörendes Quäken. Ist kein Autoradio in dem betreffenden Pkw vorhanden, so muß der Lautsprecher (eine billige Ausführung mit etwa 5 Ω Schwingspulenwiderstand) eingebaut werden.
An Stelle der in der Originalschaltung [64] verwendeten *AC 106* kann jeder NF-Anfangsstufentransistor verwendet werden, z. B. *GC 116, GC 121*. Die kleine Erinnerungshilfe funktioniert sehr zuverlässig und rentiert sich!

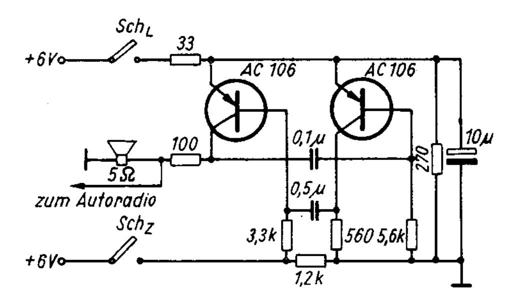


Bild 7.6 Warnanlage für (vergeßliche) Kraftfahrer

7.7. Transistorspannungsregler für Autolichtmaschine

Aus der Sowjetunion stammt die Schaltung (Bild 7.7) eines Reglers mit Transistoren [65], der den konventionellen mechanischen Regler der Kraftfahrzeug-Lichtmaschine ersetzt, jedoch nicht dem mechanischen Verschleiß (Relaiskontakte!)

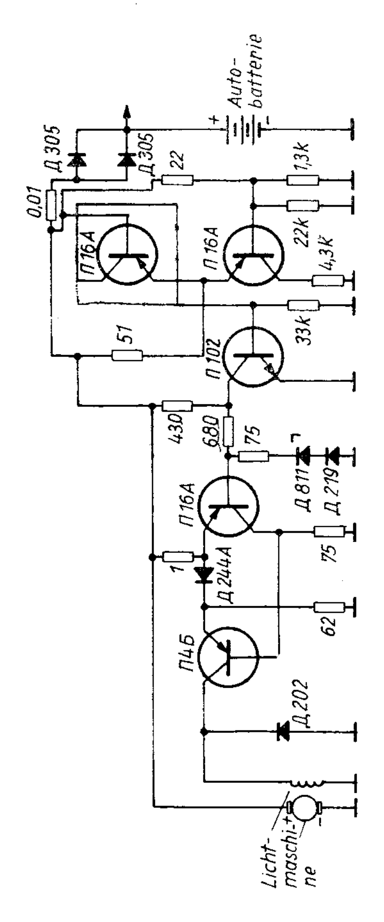


Bild 7.7 Transistorregler für Autolichtmaschine

unterworfen ist wie dieser. Die Dioden verhindern einen Rückstrom (Batterie in Lichtmaschine). Ist der Strom größer als 20 A, so übersteigt der Spannungsabfall am 0,01-Ω-Widerstand den Wert 0,2 V (die Schleusenspannung des „oberen" П *16 A*), und der genannte Transistor öffnet. Der „untere" П *16 A* schließt, der П *102* wird ebenfalls geöffnet. Dadurch wird wieder der П *4* Б zugeregelt und der Strom aus der Lichtmaschine kleiner.
Es entsprechen etwa: dem П *4* Б unser *GD 240*, dem П *16 A* unser *GC 116 ... GC 121*, dem П *102* unser *SC 206*, der Diode Д *202* unsere *OA 900*, der Д *244 A* unsere *SY 160*, der Д *811* unsere *SZX 19/11*, der Д *219* unsere *OA 900* und der Д *305* unsere *SY 160*. (Der angetragene Austausch gilt jedoch nur für die Schaltung in Bild 7.7.) Den 0,01-Ω-Widerstand stellt man zweckmäßigerweise selbst aus 2-mm-Cu-Draht her. Der genannte Regler ist für 12 V dimensioniert (die übliche Kraftfahrzeugbatteriespannung in der UdSSR und in den USA. Beim Umdimensionieren auf 6 V darf nicht vergessen werden, die Z-Diode durch einen Typ mit niedrigerer Spannung zu ersetzen (z. B. *SZX 19/5,1*). Die Schaltung muß bei der geänderten Bestückung eingemessen werden, was jedoch nur Gleichstrommeßinstrumente bzw. Vielfachmesser erfordert.

7.8. Vollelektronischer Blinkgeber für Kraftfahrzeuge

Man kann den konventionellen (meist mit einem Bimetallstreifen funktionierenden) Blinkgeber im Kraftfahrzeug durch eine elektronische Einrichtung ersetzen, deren Stromlaufplan in Bild 7.8 zu sehen ist [66]. Die Originalschaltung wurde für 12 V ausgelegt. Beim Übergang auf 6-V-Betrieb empfiehlt es sich, die Schaltung der Lampen für den Fahrtrichtungsanzeiger über ein Relais vorzunehmen oder den *AUY 29* durch einen *2 NU 74* zu ersetzen.
In der Originalschaltung bewirkt der Ausfall einer Lampe (Durchbrennen des Heizfadens), daß der Spannungsabfall am 0,275-Ω-Widerstand im Emitterkreis des *AUY 29* nicht mehr

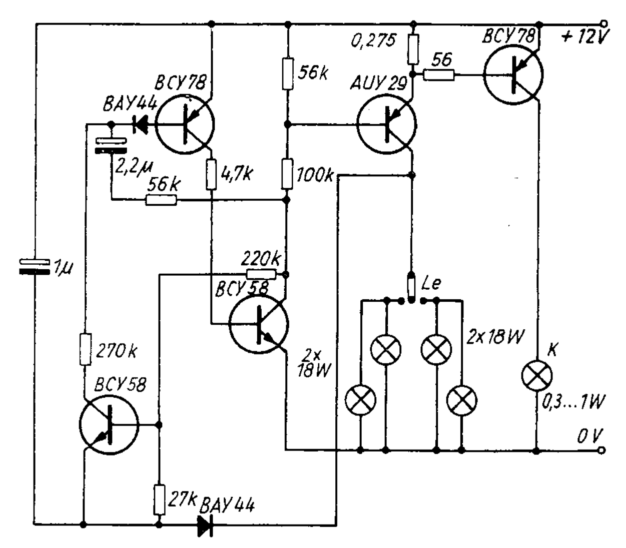


Bild 7.8 Vollelektronischer Blinkgeber

klein genug ist, um den *BCY 78* geschlossen zu halten. Dieser wird jetzt im Rhythmus der Blinkfrequenz geöffnet, was ein Blinken der Kontrollampe K im Armaturenbrett bewirkt. Die Schaltung ist für eine Blinkfrequenz von 90 Impulsen je Minute ausgelegt.
Folgende Bestückung mit DDR-Bauelementen wird empfohlen: *GC 116* für *BCY 78* (besser wäre ein Si-pnp-Anfangsstufentransistor, Typ unkritisch), *GD 240* für *AUY 29, SC 206* für *BCY 58, SAY 12* (o. ä.) für *BAY 44.*
Der Lenksäulenschalter Le ist der übliche Schalter für den Fahrtrichtungsanzeiger.

7.9. Transverter für Blitzlichtgerät

Beim Elektronenblitzlicht kommt es nicht nur darauf an, aus einer geringen Batteriespannung eine relativ hohe Spannung (≈ 500 V) zum Betrieb der Elektronenblitzröhre zu gewinnen.

Es geht auch darum, daß der dies bewirkende Transverter (Gleichspannungszerhacker) gestoppt wird, wenn ein großer Kondensator aufgeladen ist und die Energie zum Betrieb des Elektronenblitzes enthält. Man spart dadurch elektrische Energie, die Batterie des Blitzlichtgeräts „lebt" länger. In einer derartigen Schaltung (Bild 7.9) ist *AD 136* (Austauschtyp: *2 NU 74*, aber auch *GD 170* oder *GD 240*) der Transvertertransistor. Er schwingt, solange seine Basisspannung einen gewissen negativen Wert nicht unterschreitet. Wenn die Spannung an der Sekundärseite des Transverters die Spannung 500 V erreicht (der Blitzlicht-Elektrolytkondensator ist dann aufgeladen), erhält der *BC 108* (Austauschtyp: *SC 206*) eine positive Basisspannung, die ihn öffnet. Der durch ihn fließende Kollektorstrom spannt die Basis des *AC 152* (Austauschtyp: *GC 301*) positiv vor, auch er ist geöffnet. Dadurch wird wiederum die Basis des *AD 136* positiv, der Transverter hört auf zu schwingen. Mit dem Umschalter kann die Spannung des Elektrolytkondensators auf 300 oder 500 V eingestellt werden. Die beiden Potentiometer (1 MΩ und 250 kΩ) sind so abzugleichen, daß der Transverter bei der korrekten Ladespannung stoppt. Ein Wort zu den übrigen Bauelementen: *BA 133* kann durch unsere *SY 110* ersetzt werden; die Glimmlampe Gl ist ein 100-V-Typ ohne Vorwiderstand (etwa *TEL 15-01* vom VEB *Elektronische Spezialröhren*, Leipzig, vormals Deutsche Glimmlampengesellschaft *Pressler*).

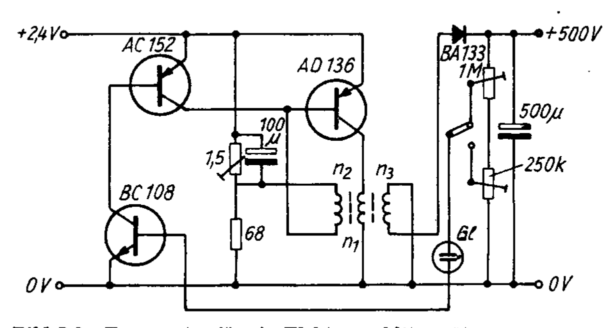


Bild 7.9 Transverter für ein Elektronenblitzgerät

Die Windungszahlen des Transvertertransformators, der zweckmäßigerweise auf einen Ferrit-Schalenkern gewickelt wird: n1 = 16 Wdg. aus 0,8-mm-CuL, n2 = 12 Wdg. aus 0,4-mm-CuL und n3 = 450 Wdg. aus 0,2-mm-CuL.

8. Literatur

[1] . . . : *Sowjetische Transistoren*. Kombinat VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder)-Markendorf, 1970

[2] Зайцева, О.: Транзисторы широкого применения, RADIO *45* (1968), S. 56 bis 59

[3] Белов, А.; Кузнецова, Р.; Сардаковская, Л.: Транзисторы малой мощности широкого применения, RADIO *46* (1969) 10, S. 54 bis 57

[4] Павлова, О.: Транзисторы массового применения, RADIO *46* (1969) 1, S. 57 u. 58

[5] Леонтьев, В.; Фролов, В.: Параметры и цоколевки плоскостных транзисторов, разработанных до 1964 года,
RADIO *45* (1968) 2, S. 55 bis 57

[6] Леонтьев, Е.; Фролов, В.: Параметры и цоколевки плоскостных транзисторов, разработанных до 1964 года,
RADIO *45* (1968) 3, S. 54 bis 57

[7] . . . : *Příruční katalog elektronek*, Tesla, Rožnov 1970

[8] . . . : *Polovodicové prvky*, Tesla, Rožnov září 1970

[9] . . . : *Technické zprávy kremíkové tranzistory*, Tesla, Rožnov září 1970

[10] . . . : *Halbleiterübersicht '69*, Tungsram, Budapest 1969

[11] . . . : *Halbleiterübersicht* '71/72, Tungsram, Budapest 1971

[12] . . . : *Silizium-Transistoren*, VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder)-Markendorf 1968/69

[13] . . . : *Silizium-Transistoren*, Kombinat VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder)-Markendorf 1971/72

[14] . . . : *Germanium-Transistoren*, Kombinat VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder)-Markendorf 1971/72

[15] ...: *Kleiner NF-Verstärker für 9 V und 6 V*, Funkschau *43* (1971) 3, S. 90

[16] Németh, J.; Hamza, E.: *Érdekes kapcsoások*, Radiotechnika (Budapest) *21* (1971) 6, S. 210 bis 221

[17] Leblebici, D.: *High-gain Audio Voltage Amplifier*, Wireless World *65* (1971) Nr. 426, S. 203

[18] ...: *Telefon-Mithörverstärker*, Schaltbeispiele, Intermetall Halbleiterwerk der Deutschen ITT Industries GmbH, Freiburg i. B. 1967

[19] Hetény, L.: *A tárgépiró technika alapjai V.*, Radiotechnika (Budapest) *21* (1971) 7, S. 266 u. 267

[20] Дольник, А.: Транзисторные конденсаторные микрофоны,
RADIO *47* (1970) 3, S. 42 u. 43

[21] Kotzmann, J.: *Kondensátorový mikrofon a moderni transistorová technika*, Sdelovaci technika *19* (1971) 7, S. 211 u. 212

[22] ...: *Transistor D.A.T.A. BOOK*, Spring 1969, Derivation and tabulation associates, Inc., Orange (N. J.) 1969

[23] Saunders, R. L.: *Phase splitter*, Wireless World *65* (1971) Nr. 423, S. 9

[24] Tuil, J.: *Transistor Equipped Aerial Amplifiers*, Electronic Applications *28* (1968) 1, S. 61 bis 78

[25] Németh, E.; Németh, J.: *Érdekes kapscolások, kiszaju UHF antenoaerösitö*, Radiotechnika (Budapest) *21* (1971) 8, S. 290 bis 292

[26] Seyffert, S.: *Amateurantennen mit integrierter Elektronik*, Funk-Technik *26* (1971) 15, S. 569 bis 572

[27] Neuhauser: *VHF-Tuner mit Dioden-Abstimmung*, Röhren- und Halbleitermitteilung 66 09 134, Telefunken AG, Ulm/Donau 1966

[28] Архипов, Е.: Малогабаритный 2 V 2;
RADIO *48* (1971) 2, S. 32 u. 1. U.-S.

[29] Коган, Б. С.: Резонансный усилитель с частотнозависимой образной связью на полевом транзисторе, Radioelektronika (Moskva) *14* (1971) 6, S. 657 bis 662

[30] Traub, K.; Benecke, G.; Elsässer, D.: *Grundig HF 550, HiFi-Tuner-Verstärker zum Einbau in hochwertige Stereo-*

Anlagen, Grundig, Technische Information *17* (1970) 3, S. 782 bis 798

[31] Dennewitz, R.-D.: *„Lunomatik“, eine einfache Abstimmanzeige für Kofferempfänger*, Funk-Technik *26* (1971) 15, S. 552

[32] Pichler, H.: *Ein Pilottonfilter für Stereo-Tonbandgeräte*, Radio-Elektronikschau *47* (1971) 3, S. 121 bis 123

[33] Gal, I.: *Tranzistoros GDO*, Radiotechnika (Budapest) *21* (1971) 5, S. 186 u. 187

[34] Koch, E.: *Erweiterung von UKW-AM-Stationen auf FM*, Funk-Technik *26* (1971) 8, S. 279 bis 281

[35] Bley, H.; Erbes, N.: *AM-Modulatorschaltung mit geringem Klirrfaktor*, Internationale Elektronische Rundschau *25* (1971) 3, S. 77 bis 80

[36] Kersten, K. H.: *AM-modulierbare Sender-Endstufe mit BFS 50, Applikationsbericht*, AEG-Telefunken, Heilbronn 1970

[37] Koetter, G.: *Kurzschlußfester Netzteil mit zwei Transistoren*, Funkschau *42* (1970) 21, S. 739 u. 740

[38] ...: *Overload protection of transistors in power supplies* Electronic Engineering *41* (1969) 5, S. 45

[39] Banthorpe, C. H.: *Voltage stabilizer*, Wireless World *65* (1971) Nr. 423, S. 9

[40] ...: *Halbleiter-Schaltungsbeispiele 6*, Telefunken AG, Ulm/Donau

[41] ...: *Die erprobte Schaltung, Thyristor-Ladegerät*, Elektronik *19* (1970) 7, S. 244

[42] ...: *UHF-Konverter-Betriebsanleitung*, VEB Elektronik Eisenach, Eisenach 1968

[43] Limann, O.: *Schaltelektronik im Plattenspieler*, Funkschau *43* (1971) 8, S. 226

[44] Bolik, M.: *Ein kurzschlußfestes Netzgerät für eine Autorennbahn*, Funkschau *43* (1971) 15, S. 478

[45] Sabrowsky, L.: Überstromschalter mit Relaisausgang für universelle Verwendung in *Thyristor-Schalter und -Regler für den Heim- und Werkstattgebrauch*, Franzis-Verlag C. Emil Mayer KG, München 1970

[46] Журавлев, И.: Усилитель для гитары-соло, RADIO *47* (1971) 2, S. 39 bis 41
[47] Williams, P.: *Voltage-follower for DC Voltmeters*, Electronic Engineering *41* (1969) Nr. 495, S. 40 u. 41
[48] Голубев, В.; Овчинников, В.: Управляемые нч генераторы,
RADIO *48* (1971) 7, S. 27 u. 28
[49] Piringer, R.: *Studiu comparativ, teoretic si experimental, al oscilatoarelor RC cu un transistor*, Telecommunicatii *14* (1970) 8, S. 337 bis 340 u. 348
[50] Bauer, D.: *Sinusgenerator in Kleinbauweise*, Funkschau *44* (1972) 6, S. 193 u. 194
[51] Акментыньш, А.: Вольтомметр на полевых транзисторах,
RADIO *48* (1971) 6, S. 49, 50 u. 4. U.-S.
[52] Houzé, R.-Ch.: *Le millivoltmètre PM 2454*, Le Haut-parleur, édition professionelle Nr. 1259 (7. 5. 1970), S. 22 bis 28 u. 69
[53] ...: *Industrielle Halbleiterschaltungen*, Telekosmos-Verlag, Stuttgart 1968
[54] Smith, D. K.: *Diode Provides Low-Distortion Amplitude Modulation*, Electrical Design News *15* (1971) 24, S. 33
[55] Jaune, C. A.: *Materiels pour la mise au point et la maintenance des ensembles logiques*, Le Haut-parleur, édition professionelle Nr. 1287 (10. 12. 1970), S. 46 bis 48
[56] Peterson, W. E.: *Inexpensive generator produces triangle and square waves*, Electronic Design (1970) 6, S. 208 u. 210
[57] Houzé, R.-Ch.: *Les commutateurs electroniques de HAMEG*, Le Hautparleur Nr. 1311 (3. 6. 1971), S. 19 bis 26
[58] ...: *Hochohmiges Transistorvoltmeter*, radio fernsehen elektronik *19* (1970) 7, S. 208
[59] ...: *Türklingel mit Pfiff*, Funkschau *42* (1970) 21, S. 748
[60] Stephenson, T. B.: *One Hole, One Pulse From Flutterless Card Reader*, Electrical Design News *15* (1970) 4, S. 59
[61] ...: *Verzögerungsschaltungen — Multivibrator mit großer Verzögerung*, Halbleiter-Schaltungsbeispiele 4, Telefunken AG, Ulm/Donau

[62] . . . : *Low-cost, long-delay timer*, Electrical Design News *16* (1971) 11, S. 46
[63] . . . : *Belichtungszeiten 1 . . . 80* s, radio mentor elektronik *35* (1969) 1, S. 14
[64] Bergmann, L.: *Eisenloser Gleichspannungswandler 6 V/12 V für Autoradios*, Radio-Elektronikschau *47* (1971) 1, S. 32 u. 33
[65] Fischer, H.-J.: *Spannungsregler für Autolichtmaschinen mit Transistoren*, radio fernsehen elektronik *20* (1971) 11, S. 372
[66] Gelder, E.; Hirschmann, H.: *Schaltungen mit Halbleiterbauelementen*, Band 4, Siemens AG, Berlin-München 1970

1. Auflage, 1.—20. Tausend
Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB)-Berlin 1974
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
LSV-Nr.: 3539
Lektor: Arnim Wosche
Zeichnungen: Christa Rothan
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Dieter Kahnert
Vorauskorrektor: Gertraut Purfürst · Korrektor: Ilka Krienitz
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme
15 Potsdam
Redaktionsschluß: 15. Juli 1973
Bestellnummer: 745 575 8
EVP 1,90

122

